地

震

第 2 輯

第6卷 第2號

昭和28年

論	說 說	
	地震動の卓越周期と振巾との関係・・・・・・・・・・・・浅 田	敏1
	有限歪弾性論における歪-歪力式の一般化 ・・・・・・・・・・島津	康男 6
	東北日本における第3回爆破地震動観測・・・・・爆破地震動研究グル	·ープ····16
	増倍光電管による記録・・・・・・川瀬	二郎28
	爆破地震動及び微弱地震動測定のための増巾器の試作・・・・・田	望33
寄	書	
	震害と地盤について・・・・・山口	真一…41
	電圧感度について・・・・・・田治米	
地	2震時報	44
=		44

地震学会々則

- 1. 本会は地震およびこれに関連する諸現象の研究並びにその應用に関する知識を**交**換、普及し震火災防止に貢献することを目的とする。
- 2. 本会は地震学会と稱して,事務所を東京大学地球物理学教室内におく.
- 3. 本会はその目的を達するため下記の事業を行う.
 - (i) 通常総会および臨時総会 (ii) 学術講演会
 - (iii) 會誌「地震」の發行 (iv) 其他必要なる事業

通常総会は毎年必ず1回適当な時期に行い,臨時総会は委員5名以上あるいは会員30名以上の請求のあつた時に開く. 総会の成立は普通会員1/5以上の出席(委任状を含む)を要する.

- 4. 本会々員は名誉会員、普通会員、購読会員、及び賛助会員とする。会員となろうとする者は会費1ヶ年分をぞえて本会事務所へ申込むものとする。
- 5. 地方あるいは特別の機関等に支部をおくことができる。
- 6. 委員長1名,委員若干名をおく.
- 7. 委員長は本会を代表し、各委員は編輯、庶務、会計等の事務を分担し、そのために若干名の幹事をおくことが出來る、幹事は委員長が委囑する.
- 8. 本会には顧問若干名をおくことができる.
- 9. 委員は普通會員の互選によつて選出する.委員長は委員の互選による.委員長及び委員の任期は1年とし、再選をさまたげない。
- 10. 委員及び委員長の更迭期を3月末とする。途中補欠として加つたものの任期は前任者の残存期間とする。

- 1. 普通会員, 購読会員の会費は1年 400 圓とする.
- 2. 会費年1日(10000 圓)以上をおさめたものを賛助会員とする.
- 3. 支部のないときは連絡幹事をおく、連絡幹事は委員長が委囑する、
- 4. 本会則は総会(又は臨時総会)に於て出席会員の過半数の賛成により改訂又は附加することが出来る。

委 員 (1953 年 8 月選出)

委員長 和達清夫

委員飯田汝事(地質調) 萩原尊礼(東大) 早川正己(地質調) 西村英一(京大) 表後一郎(東大) 和達清夫(中央気) 金井 清(東大) 加藤愛雄(東北大) 河角 広(東大) 笠原慶一(東大) 吉山良一(九大) 高橋竜太郎(東大) 田治米鏡二(秋田大) 坪井忠二(東大) 村內必典(科博) 华佐美竜夫(中央気) 井上字胤(中央気) 松沢武雄(東大) 福富孝治(北大) 茂田 敏(東大) 佐野凌一(名大) 佐々憲三(京大) 震坂清信(地震視) 水上 武(東大) 広野卓藏(中央気) 鈴木次郎(東北大) [イロハ順]

庶務係幹事 表 俊一郎·村內必典·広野卓藏·末広重二·宇佐美竜夫

会計係幹事 井上宇胤•山口弘次•笠原慶一•松本利松

編輯係幹事 宮村攝三•金井 清•島津康男•安芸敬一

編輯委員会委員 飯田汲事・本多弘吉・和達清夫・金井 清・河角 広・坪井忠二 井上字胤・松沢武雄・佐々憲三・宮部直己 [イロハ順] および編集・庶務・ 会計係幹事代表各1名

顧 問 中村左衞門太郎 • 北沢五郎

地震動の卓越周期で振幅との關係

─ 石本・飯田の式における係數 m について —

東京大学地球物理学教室 淺 田 敏

(昭和 28 年 5 月 1 日受理)

On the Relation between the Predominant Period and the Maximum Amplitude of Earthquake-Motions

Toshi Asada

Geophysical Institute, Tokyo University.

(Received May 1, 1953)

The frequency distribution of the max. amplitude, a, and the max. acceleration, a, at a station is expressed by $N(a)da=ka^{-m}da$ and $N(a)da=k'a^{-m'}da$, respectively. A relation, $m'=\left(\frac{m-1}{q}+1\right)$, holds between m and m', q being defined by the formula a=const. a^q . The predominant period of earthquake motions T can be calculated according to the above mentioned relation, as we have $a=\left(\frac{2\pi}{T}\right)^2a$, or T=const $a^{\frac{1-q}{2}}$. The observed values at Hongo, Tokyo are as follows,

m=1.74, m'=2.12, q=0.66, and T=const. $a^{0.17}$.

§ 1 地震動をある地点で記録する場合、その振動につき如何なる周期の振動が卓越するかと云ふ問題があり得る。との問題については色々な考え方があるが、地震動は複雑な構成をもって居るので簡単にかたづけるととは出来ない。Ishimoto¹⁾ の如く考えるととも出来るし又音響分折の場合の如くに、夫々の地震動を分折し Spectrum を求め強度最大の部分の周期を卓越周期と名付けてもよい。然し地震動は音響分折でとりあつかわれる場合にくらべ振動の継続時間がみじかい。従って分折方法にも問題が多く、方法により異った結論を得る可能性もある。

との論文では又別の見地より卓越周期の問題をとりあつからために次の如き定義を定めてお くととにする.

すなわち、ある変位計で記録した時に、地震波動の或る波群がその地震動の最大振巾を与えるとする。然る時に同じ地震動を加速度計で記録した場合、さきに最大振巾を与えた波動がその地震動の最大加速度を与えるとする。

以上の如き仮定が正しいか否かは夫々の地震につき変位記象と加速度記象をくらべて見れば分るわけである。一般に変位計として石本式1秒微動計とか Wood-Anderson 式地震計を用いる場合には事実上表面波の部分は問題にならず、少くとも P-S 10 秒乃至 30 秒位の地震に

ついては 8 相が最大振巾を与え、同時に最大加速度を与えると考えてよいであろう。 又上の 仮定がなりたたなくても最大振巾に対応する加速度と最大加速度の間に一定の比例関係が統計 的になりたてばよろしい。

今,上に考えられたような最大振巾を α ,それに対応する加速度を α と書くとすると,

$$\alpha = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 a \tag{1}$$

の如き関係を考え、との様に α と α の関係を定める T を "卓越周期" として定義することにする。

§ 2 今夫々の地震についてその地震動の最大振巾と対応する加速度の間に次の様な関係が 成り立つて居るとする。

$$\alpha = c \cdot \alpha^q \tag{2}$$

との時、c は a と α は含まないが震源距離の函数である。q は const・とする。震源に於る量には "o" なる Suffix をつけるとすると、

$$\alpha_0 = C_0 \cdot a_0^{\ q} \tag{3}$$

が成りたち co は const である. 又 (1) 及 (2) 式より

$$T = c \cdot a^{\frac{1-q}{2}} \tag{4}$$

なる関係がなり立つ. すなわち T はこの場合振巾と震源距離の函数である.

所で経験により2),ある一地点で観測される多くの地震の最大振巾の頻度分布は

$$n(a)da = ka^{-m}da \tag{5}$$

の如くなる. 又 Magnitude に関する研究により多くの場合

$$n(a_0)da_0 = ka_0^{-m}da_0 \tag{6}$$

が成りたつて居るととも明らか3),4)である.

(6) 式の変数を (3) なる関係を用いて a_0 より α_0 に変換すると、

$$n(\alpha_0)d\alpha_0 = kc_0^{-\frac{1}{q}}\alpha^{-\frac{m}{q}}d\alpha_0$$

$$n(\alpha_0)d\alpha_0 = kc_0^{-\frac{1}{q}}\alpha_0^{-\frac{m}{q}}\frac{d\alpha_0}{d\alpha_0}d\alpha_0$$

$$= k\frac{c_0^{-\frac{2}{q}}}{q}\alpha_0^{-(\frac{m-1}{q})}d\alpha_0$$

$$n(\alpha_0)d\alpha_0 = K\alpha_0^{-m}d\alpha_0$$

$$m' = \left(\frac{m-1}{q} + 1\right)$$

$$K = k\frac{c_0^{2/q}}{q} = \text{const.}$$

$$(7)$$

すなわち

ある範圍に発生する地震群に属する地震について(7)の如き関係が成立することが分る。との場合、単位地域につき同じ分布函数がなりたつて居るならば、又は観測点が十分遠方にあるならば、その地震群をある点で観測し、その地点での最大加速度について

$$n(\alpha)d\alpha = K'\alpha^{-m'}d\alpha$$

$$K' = \text{const.}$$
(8)

がなりたつ5),6)。

(8) 式により次の事が明らかになる。すなわちるあ観測点で加速度計を用いて得られた記象につきその最大加速度の頻度分布を所謂石本・飯田の式と同様にとりあつかつてm'の価を求めれば(7)の関係よりqが求められ従つて(4)の式よりTと α との関係を知ることが出来る。

§ 3 m'の値を求めるのに加速度計の記象によらないで求める事も出来る。Kawasumi⁷⁾によれば震度と最大加速度の間には

$$\alpha = \text{const.} \times 10^{1/2I} \tag{9}$$

なる関係がある。との関係を用いて震度 I の頻度分布より m' を計算するととが出来る。

ある観測点での震度の頻度分布は

$$n(I)dI = \text{const.} \times 10^{-bI} dI \tag{10}$$

のように表すことが出来る。(9) 式を用いて変数 I を α に変換すると、

$$n(\alpha)d\alpha = \text{const.} \times \alpha^{-(2b+1)}d\alpha$$
 (11)

すなわち

$$m' = 2b + 1$$

従って b を求めればよい.

東京の本郷においては 1911 年より震度が記録されて居る。1911 年より 1943 年までの有感 地震について P-8 30 秒までのものを震度別に数えた結果が第1表に示してある 89 .

Table 1

Intensity	I	П	Ш	IV	V	VI.
Freq.	1354	325	95	26	8	1

Intensity V 及 VI を除いて最小自乗法で"b"をもとめると

$$b = 0.56$$

なる値が得られる。従つて(11)より

$$m' = 2.12$$

のようになる.

m の値としては Ishimoto 及 Iida® が 1 秒微動計観測の結果から得た値を採用してみると、

m = 1.74

従つて、

q = 0.66

従つて Τ と α との関係は

$$T = c \cdot a^{0.17}$$

即ち、a が 100 倍になると T は 2.2 倍になる。a が少になれば T も小さくなる。従って M_c の小さい地震を観測するためには短周期に感度のよい地震計を用いなければならないこと になる。

31表の数値をグラフに書くと31回のようになり(310)式が可成よくあてはまることが分 3.

§ 4 1949 年 12 月の今市地震の餘震を T_0 =0.1 \sec V_0 =100 の煤書地震計及電磁微動計を用いて観測した ことがある 10 ・電磁微動計の個有周期は 1 秒で 150 c/s のガルバノメーターを結合してある.

両方の記録につき夫々(5)式をあてはめてmを計算すると

melectro-dynamic=1.8 \pm 0.16 mmechanical=1.8 \pm 0.15

のようになる.

との場合感度の低い方の地震計に記録された地震も

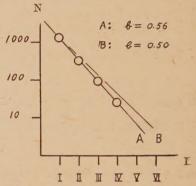


Fig. 1 I: Seismic Intensity
N: Freq. of Eqks.
N(I)=const×10^{-bI}.

殆とすべて M_k <0 であり、電磁微動計による方はさらに小さい。前述のような見地から考へると"卓越周期" T は振巾とは関係しないと云ふ結果が得られる。唯 T=0.1 sec の地震計にきるくされる地震動が 10 cps 附近の巾のせまい Spectrum をもつて居り速度記象に近いきるくを与えて居るとすると両方の m が一致した事は当然と云う事になる。 この種の問題はP-S が短い地震を観測する場合には卓越周期がみじかいことを考えに入れて、観測装置をまとめ、將来解決したいと思ふ。

§ 5 夫々の記録された地震動を分析して卓越周期を求めることが出来る。又ある地震に着目してその最大振巾と其に対応する加速度を計測し § 1 に定義した卓越周期を求めることも出来る。然しながら以上の場合には得られた周期は夫々の地震の震源距離により著るしくことなり、そのま」では周期と振巾との関係を簡単には見出すことは出来ない。

すなわち卓越周期は既に知られて居る様に主として震源距離に支配されるものであるが、との影響が大きいために振巾との関係の方は二義的に考えられ勝である。長周期低倍率の振子を用いて大地震にはP 部及S 部に数十秒の波のあることが知られて居る 11)。又P-S 4-5 秒以下

の微小地震については数十サイクルの波のあることも知られて居る。然し、今日においては振 中と卓越周期の問題について験震的にあまり立入つた知識があるとは云えない。

この論文では $4>M_{\rm k}>0$ の地震をとりあつかい、卓越周期と震源距離との関係を分離して振巾との関係を調べる一つの方法を示してある。

将来は地震動の各相につき又各成分につき研究すべきものと思う。又変位計,加速度計にかぎらず,色々な周波数特性を持つ地震計を用いて比較研究するのも有用であろう。

文 献

- 1) 石本己四雄: 震研彙報 10 (1932) 171.
- 2) 石本己四雄 飯田汲事: 震研彙報 17 (1939) 443.
- 3) 河角 広: 震研彙報 30 (1952) 319.
- 4) 浅田 敏•鈴木次郎•友田好文: 震研彙報 29 (1951) 289.
- 5) 松沢武雄: 震研彙報 19 (1941) 411.
- 6) 鈴木次郎: 地震学会講演 1948 年 10 月.
- 7) 河角 広: (3) と同じ.
- 8) 同 上
- 9) 石本己四雄・飯田汲事: (2) と同じ。
- 10) 浅田 敏•鈴木次郎: 震研彙報 28 (1951) 415.
- 11) 松沢武雄, 佐藤光之助: 震研彙報 17 (1939) 624.

有限歪彈性論における歪-歪力式の一般化

東京大学理学部地球物理学教室 島 津 康 男*

(昭和 28 年 5 月 20 日受理)

Generalization of the Stress-Strain Relations in the Theory of Finite Elastic Strain.

Yasuo Shimazu

Geophysical Institute, Faculty of Science, Tokyo University.
(Received May 20, 1953)

In case of finite elastic strain, we must distinguish the following two view points. (L) Whether the initial unstrained position is used as the independent variables in terms of which the strain is described, or (E) the final strained position is used. It is shown in § 2 that four sorts of strain definitions are possible. Two of them are (L) and the other two are (E). In § 3 and § 5, two sorts of definitions of stress are shown. They are (L) and (E) respectively. Admitting these definitions, eight sorts of expressions for the stress-strain relations are obtained. These eight expressions are equivalent, and we may adopt any of them in accordance with circumstance. The transformation theorem between these expressions is also given.

§ 1 序 論

弾性体についての議論の中心は、変形(歪)ととれを起すのに必要な力(歪力)との関係を知ることであろう。後で述べるように、歪力にははつきりした物理的な意味づけが出来るので、歪力の定義はさして困難でない。それに反して、歪の方には定義の仕方についているいるの立場が考えられる。この論文では、一般に四種類の歪と二種類の歪力とがが定義出来ることを示したい。又それに伴つて歪と歪力の関係にも八種類の表現が考えられる。併し、これらはあくまで立場の違いによつて生れた見かけ上の違いで、数学的には全く同等なものである。故に、一つの歪-歪力関係式の表現から他の表現への変換は常に可能である。我々は場合に応じて使い易いものを選べばよい。

ところで、この複雑さは変形が非常に小さければ起らない。非常に小さい変形とは、歪が無限小の量で、その2乗以上の量が無視出来る時である。我々はもつと一般に変形が小さくない場合を扱おうとするのであるが、その場合、次のように二つの立場を區別して考えねばならない。

- (L) 変形を受けない前の座標を獨立変数として議論するか、
- (E) 変形後の座標を獨立変数とするか。

^{*} 現在名古屋大学理学部地球科学教室 Institute of Earth Science, Faculty of Science, Nagoya University. (Present Adress)

Murnaghan¹ はこれらをそれぞれ Lagrange 的, Euler 的と呼んだ。これは流体力学での二つの立場に相当するからで,この二つの立場を区別することが我々の取扱いを複雑にするのである。

例えば、高圧を受けている物質の彈性を調べようとすれば、先ず大きな変形を与えた後、更に微小な変形(ある場合には彈性波などのダイナミカルなもの)を加えて実験するわけであるから、高圧を与えない前の座標系よりも、高圧を与えた後の座標系をもとにして考えた方が、取扱いがより楽になる。具体的に云うと、高圧のかけ方が靜水圧的でない場合は、かけ方によっては初めの座標系では直交していた方向も、圧力をかけたために直交しなくなって、取り扱いは面倒になる。変形後に直交する量をもとにして、後の微小な変形に関しては普通の彈性論を使えばよいわけである。又、境界條件のある問題の場合には、変形後の境界面の形自身が未知なのであるから、どうしても変形前の座標系について境界條件を与えなければならない。

ことでは先ず歪の定義を分類し、次に歪と歪力との関係を分類して、相互間の変換則を与える. 但し、完全彈性体(歪と歪力とは一対一の対応にあり、彈性餘效や履歴は考えない)の仮定は捨てないことにする.

§ 2 歪テンソル

変形が無限に小さくない場合〔以下とれを有限歪彈性論(finite strain theory)と称し,無限小の場合を古典論と呼ぶ〕の彈性論について,もつとも明確な数学的議論をしたのは $Murnag-han^{1/2}$)である。変形の2乗量をも考えに入れてフックの法則を一般化しようとする試みは,以前から多くの人によつて行われていた。それらを統一的に論ずると,以下述べるように四種類になるのである。

先ず, $\S 1$ にも述べたように,彈性媒質内の任意の歪は,変形前と変形後との二つの座標をもつている。我々はその二つをそれぞれ獨立な座標系 a, x で表わそう。従つて a -系に変化を与えるととなく x -系を変換することが出来,その逆も可能である。テンソル解析の言葉で云うと,一方の座標系が他の座標系変換に対して不変量(invariant)になる,これによつて更に二つの立場を考えることが出来るから,結局, (a^i, x^i) の二系によつて変形を考える方法(A)と, (a^λ, x^i) の二系による方法(B)とになる。とこで i は invariant になる方の座標系を示す。変形が無限に小さければ a, x-系の區別はなくなる。次に各座標が微分可能であれば

$$\alpha_{\lambda}^{i} = \frac{\partial a^{i}}{\partial x^{\lambda}} \quad (2.1) \qquad \qquad \alpha_{i}^{\lambda} = \frac{\partial a^{\lambda}}{\partial x_{i}} \quad (2.3)$$

$$(A) \qquad \qquad (B) \qquad \qquad (B)$$

$$\beta_{i}^{\lambda} = \frac{\partial x^{\lambda}}{\partial a^{i}} \quad (2.2) \qquad \qquad \beta_{\lambda}^{i} = \frac{\partial x^{i}}{\partial a^{\lambda}} \quad (2.4)$$

を定義することが出来る. これらの間には

$$\alpha_{\lambda}^{i} \beta_{j}^{\lambda} = \delta_{j}^{i}, \quad \beta_{i}^{\lambda} \alpha_{\mu}^{i} = \delta_{\mu}^{\lambda}, \quad \alpha_{i}^{\lambda} \beta_{\mu}^{i} = \delta_{\mu}^{\lambda}, \quad \beta_{\lambda}^{i} \alpha_{j}^{\lambda} = \delta_{j}^{i}$$
 (2.5)

の相反関係がある。但し、 δ^{λ}_{μ} 、 δ^{l}_{i} はそれぞれ $\lambda=\mu$ 、i=j の時に 1、それ以外の時は0である。

さて、(A) において変形前の線素分を ds_0 、これが変形後に ds になつたとすると、

$$(ds_0)^2 = da^i da^j, \quad (ds)^2 = dx^{\lambda} dx^{\mu} \tag{2.6}$$

とれらより

$$(ds_0)^2 = da^i da^j = h_{\lambda\mu} dx^{\lambda} dx^{\mu}, \quad h_{\lambda\mu} = \alpha^i_{\lambda} \alpha^j_{\mu} \tag{2.7}$$

$$(ds)^2 = dx^{\lambda} dx^{\mu} = k_{ij} da^i da^j, \quad k_{ij} = \beta_i^{\lambda} \beta_j^{\mu}$$
 (2.8)

を得るから

$$(ds)^{2} - (ds_{0})^{2} = (1 - h_{\lambda\mu}) dx^{\lambda} dx^{\mu}$$
 (2.6)

$$=(k_{ij}-1)da^ida^j (2.10)$$

において,

$$(F_A) \qquad \qquad 2\mathcal{E}_{\lambda\mu} = 1 - h_{\lambda\mu} \qquad (2.11)$$

$$(L_A) \qquad \qquad 2\eta_{ij} = k_{ij} - 1 \qquad (2.12)$$

をそれぞれ A 型の Euler, Lagrange 歪と定義する。剛体的な変形の場合には,線素の長さに変化はないから, $h_{\lambda\mu}=k_{ij}=1$,従つて(2.11),(2.12)において $\epsilon_{\lambda\mu}=\eta_{ij}=0$ である。すなわち歪は剛体的な変形(移動,廻転)からのずれを表わすものである。

次に(B) において

$$(ds_0)^2 = da^{\lambda} da^{\mu} = m^{\lambda \mu} dx^i dx^j, \quad m^{\lambda \mu} = \alpha_i^{\lambda} \alpha_j^{\mu}, \tag{2.13}$$

$$(ds)^2 = dx^i dx^j = n^{ij} da^{\lambda} da^{\mu}, \quad n^{ij} = \beta^i_{\lambda} \beta^j_{\mu}, \tag{2.14}$$

より

$$(ds)^2 - (ds_0)^2 = (1 - m^{\lambda \mu}) dx^i dx^j$$
 (2.15)

$$=(n^{ij}-1) da^{\lambda} da^{\mu}$$
 (2.16)

となるから

$$(E_{\beta}) 2\varepsilon^{\lambda\mu} = 1 - m^{\lambda\mu} (2.17)$$

$$2\eta^{ij} = n^{ij} - 1 \tag{2.18}$$

をそれぞれ B 型の Euler 歪, Lagrange 歪を定義することが出来る.

(2.11), (2.12), (2.17), (2.18) が四種類の歪の定義である。この中, (E_A) は E.G. Coker と L. N. G. Filon $^{3)}$ が用い, (L_A) は R. Kappus 4 , L. Brillouin $^{5)}$ のに, (E_B) は菅本 6 のに, (L_B) と (E_A) は F. D. Murnaghan $^{1,2)}$ の用いたものに相当する。特に直角座標系で書くと,

$$(E_{A}) 2\varepsilon_{11} = 1 - \left(\frac{\partial a_{1}}{\partial x_{1}}\right)^{2} - \left(\frac{\partial a_{2}}{\partial x_{1}}\right)^{2} - \left(\frac{\partial a_{3}}{\partial x_{1}}\right)^{2}.$$

$$2\varepsilon_{23} = -\frac{\partial a_{1}}{\partial x_{2}}\frac{\partial a_{1}}{\partial x_{3}} - \frac{\partial a_{2}}{\partial x_{2}}\frac{\partial a_{2}}{\partial x_{3}} - \frac{\partial a_{3}}{\partial x_{2}}\frac{\partial a_{3}}{\partial x_{3}}, \text{ etc.} (2.19)$$

$$(L_A) 2\eta_{11} = \left(\frac{\partial x_1}{\partial a_1}\right)^2 + \left(\frac{\partial x_2}{\partial a_1}\right)^2 + \left(\frac{\partial x_3}{\partial a_1}\right)^2 - 1$$

$$2\eta_{23} = \frac{\partial x_1}{\partial a_2} \frac{\partial x_1}{\partial a_3} + \frac{\partial x_2}{\partial a_2} \frac{\partial x_2}{\partial a_2} + \frac{\partial x_3}{\partial a_2} \frac{\partial x_3}{\partial a_3}, \text{ etc.}$$
 (2.20)

$$(E_B) 2\mathcal{E}^{11} = 1 - \left(\frac{\partial a_1}{\partial x_1}\right)^2 - \left(\frac{\partial a_1}{\partial x_2}\right)^2 - \left(\frac{\partial a_1}{\partial x_3}\right)^2.$$

$$2\mathcal{E}^{23} = -\frac{\partial a_2}{\partial x_1} \frac{\partial a_3}{\partial x_1} - \frac{\partial a_2}{\partial x_2} \frac{\partial a_3}{\partial x_2} - \frac{\partial a_2}{\partial x_2} \frac{\partial a_3}{\partial x_3}, \text{ etc.}$$
 (2.21)

$$(L_B) 2\eta^{11} = \left(\frac{\partial x_1}{\partial a_1}\right)^2 + \left(\frac{\partial x_1}{\partial a_2}\right)^2 + \left(\frac{\partial x_1}{\partial a_3}\right)^2 - 1,$$

$$2\eta^{23} = \frac{\partial x_2}{\partial a_1} \frac{\partial x_3}{\partial a_1} + \frac{\partial x_2}{\partial a_2} \frac{\partial x_3}{\partial a_2} + \frac{\partial x_2}{\partial a_3} \frac{\partial x_3}{\partial a_3}, \text{ etc.}$$
 (2.22)

となる.

とれら四種の歪の間の関係は、代数的に考えると、考え易い、 すなわち、 マトリックス (α_{λ}^{t}) を M で表わすと、(2.1)-(2.4) は

$$(\alpha_{\lambda}^{i}) = M, \quad (\beta_{i}^{\lambda}) = M^{-1},$$

$$(\alpha_{\lambda}^{\lambda}) = M^{*}, \quad (\beta_{\lambda}^{i}) = (M^{-1})^{*},$$

$$(2.23)$$

と書ける。こゝで M^{-1} , M^* はそれぞれ M の逆 (reciprocal) 及び転置 (transposed) マトリックスである。従つて

$$(h_{\lambda\mu}) = M^*M \quad (2.24), \qquad (k_{ij}) = (M^{-1})^*M^{-1}$$
 (2.25)

$$(m^{\lambda\mu}) = (M^*)^*M^* = MM^*,$$
 (2.26)

$$(n^{ij}) = ((M^{-1})^*)^* (M^{-1})^* = M^{-}(M^{-1})^*$$
(2.27)

である。但し M が対称マトリックスであるとと、すなわち

$$M^* = M$$

を用いた。結局

$$(L_B) = (E_A)^{-1}, (2.28)$$
 $(E_B) = (L_A)^{-1}, (2.29)$

$$(E_A) = M^{-1}(E_B)M, (2.30)$$
 $(L_B) = M(L_A)M^{-1}$ (2.31)

の関係を得る. (2.28) — (2.31) は歪一歪力の関係の間の変換法則において重要な役割りを演する.

・歪を受けている彈性媒質の平衡條件を議論するためには、ととまでの靜的立場を離れて動力学的な立場をとらねばならない。そのためには、歪を加えた状態に更に仮想変位を加えてみるわけである。(A) (B) について仮想変位をそれぞれ δx^{λ} , δx^{t} とすると

$$(E_A) \qquad \delta \mathcal{E}_{\lambda\mu} = -\frac{1}{2} \delta h_{\lambda\mu} = \frac{1}{2} \left[(\delta_{\nu\mu} - 2\mathcal{E}_{\nu\mu}) \frac{\partial \delta x^{\nu}}{\partial x^{\lambda}} + (\delta_{\lambda\nu} - 2\mathcal{E}_{\lambda\nu}) \frac{\partial \delta x^{\nu}}{\partial x_{\mu}} \right] \qquad (2.32)$$

$$(L_A) \qquad \delta \eta_{ij} = \frac{1}{2} \delta k_i = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial \delta x^{\lambda}}{\partial x^{\mu}} + \frac{\partial \delta x^{\nu}}{\partial x^{\lambda}} \right) \beta_i^{\lambda} \beta_j^{\mu} \qquad (2.33)$$

$$(E_B) \qquad \delta \varepsilon^{\lambda\mu} = -\frac{1}{2} \delta m^{\lambda\mu} = -\frac{1}{2} \left(\frac{\partial \delta x^i}{\partial x^j} + \frac{\partial \delta x^j}{\partial x^i} \right) \alpha_i^{\lambda} \alpha_j^{\mu} \qquad (2.34)$$

$$(L_{\beta}) \qquad \delta \eta^{ij} = \frac{1}{2} \delta n^{ij} = \frac{1}{2} \left[(\eta_{kj} - 2\delta_{kj}) \frac{\partial \delta x^k}{\partial x^i} + (\eta_{ik} - 2\delta_{ik}) \frac{\partial \delta x^k}{\delta x^j} \right] \qquad (2.35)$$

となる. これは $Murnaghan^{1)}$ の記法に合わせてある. これをみると (E_4) と (L_B) 及び (L_4) と (E_B) はそれぞれ似た表現をもつている. これは (2.28) (2.29) からも容易に察せられるところである. 特に (2.19), (2.20) に対応して

$$(E_{A}) \qquad 2\delta\varepsilon_{23} = \frac{\partial\delta x_{2}}{\partial x_{3}} + \frac{\partial\delta x_{3}}{\partial x_{2}} - 2\left(\varepsilon_{21} \frac{\partial\delta x_{1}}{\partial x_{3}} + \varepsilon_{22} \frac{\partial\delta x_{2}}{\partial x_{3}} + \varepsilon_{23} \frac{\partial\delta x_{3}}{\partial x_{3}}\right)$$

$$-2\left(\varepsilon_{31} \frac{\partial\delta x_{1}}{\partial x_{2}} + \varepsilon_{32} \frac{\partial\delta x_{2}}{\partial x_{2}} + \varepsilon_{33} \frac{\partial\delta x_{3}}{\partial x_{2}}\right), \text{ etc.} \qquad (2.36)$$

$$(L_{A}) \qquad 2\delta\eta_{23} = 2\left(\frac{\partial\delta x_{1}}{\partial x_{1}} \frac{\partial x_{1}}{\partial a_{2}} \frac{\partial x_{1}}{\partial a_{3}} + \frac{\partial\delta x_{2}}{\partial x_{2}} \frac{\partial x_{2}}{\partial a_{2}} \frac{\partial x_{2}}{\partial a_{3}} + \frac{\partial\delta x_{3}}{\partial x_{3}} \frac{\partial x_{3}}{\partial a_{3}} \frac{\partial x_{3}}{\partial a_{3}}\right)$$

$$+\left(\frac{\partial\delta x_{2}}{\partial x_{1}} + \frac{\partial\delta x_{1}}{\partial x_{2}}\right)\left(\frac{\partial x_{1}}{\partial a_{2}} \frac{\partial x_{2}}{\partial a_{3}} + \frac{\partial x_{2}}{\partial a_{3}} \frac{\partial x_{1}}{\partial a_{3}}\right)$$

$$+\left(\frac{\partial\delta x_{3}}{\partial x_{3}} + \frac{\partial x_{2}}{\partial x}\right)\left(\frac{\partial x_{2}}{\partial a_{2}} \frac{\partial x_{3}}{\partial a_{3}} + \frac{\partial x_{3}}{\partial a_{2}} \frac{\partial x_{2}}{\partial a_{3}}\right)$$

$$+\left(\frac{\partial\delta x_{1}}{\partial x_{2}} + \frac{\partial\delta x_{3}}{\partial a_{1}}\right)\left(\frac{\partial x_{3}}{\partial a_{2}} \frac{\partial x_{1}}{\partial a_{3}} + \frac{\partial x_{1}}{\partial a_{2}} \frac{\partial x_{3}}{\partial a_{3}}\right), \text{ etc.} \qquad (2.37)$$

を得る.

§ 3 歪力の定義と假想仕事

今面力 F が面積素分に働いているものとする。変形前後の面積素分をそれぞれ dS_0 , dS とすると、外力は変形の前後で保存されるから

$$F^l dS_0 = F^\omega dS \tag{3.1}$$

と」で歪力テンソルを次のように定義する.

$$F^l dS_0 = T^{lk} dS_k \tag{3.2}$$

$$=F^{\omega}dS=T^{\omega\gamma}dS_{\gamma} \tag{3.3}$$

すなわち歪力テンソル T^{tk} は α -系について定義され、 $T^{\omega v}$ は α -系について定義されている。 先ず考え易い $T^{\omega v}$ で話を進めよう。平衡條件を求めるには、仮想変位を与えた時の仮想仕事 を計算して見ればよい。 (L_A) についての仮想仕事は

$$I = \int_{S} (F^{\mu}dS)\delta x^{\mu} = \int_{S} (T^{\mu\nu}dS_{\nu})\delta x^{\mu}$$
(3.4)

Gauss の定理によつてとれば

$$I = \int_{V} \frac{\partial (T^{\mu\nu} \delta x^{\mu})}{\partial x^{\nu}} dV \quad (V: 変形後の体積)$$
 (3.5)

と書ける。一方単位質量に働く体積力をXとすると、体積力による仮想仕事は

$$II = \int_{V} \rho X^{\mu} \delta x^{\mu} dV \tag{3.6}$$

ととで ρ は変形後の媒質密度である。故に、仮想仕事は全体で

$$T.V.W. = I + II = \int_{\Gamma} \left[\left(\frac{\partial T^{\mu\nu}}{\partial x^{\nu}} + \rho M^{\mu} \right) \delta x^{\mu} + T^{\mu\nu} \frac{\partial x^{\mu}}{\partial x^{\nu}} \right] dV$$
 (3.7)

仮想変位が剛体的な移動である場合には

 $\frac{\partial \delta x^{\mu}}{\partial x^{\nu}}=0$ であつて、その時仮想仕事は0であるから、

$$T.V.W. = \int_{V} \left(\frac{\partial T^{\mu\nu}}{\partial x^{\nu}} + \rho X^{\mu} \right) \delta x^{\mu} dV = 0$$
 (3.8)

とれは任意の δが について成り立つから

$$\frac{\partial T^{\mu\nu}}{\partial x^{\nu}} + \rho X^{\mu} = 0 \tag{3.9}$$

これは平衡條件に他ならず, 古典論の場合と同じである. 次に剛体的な仮想変位

$$\delta(ds)^2 = \left(\frac{\partial \delta x^{\mu}}{\partial x^{\nu}} + \frac{\partial \delta x^{\nu}}{\partial x^{\mu}}\right) dx^{\mu} dx^{\nu} = 0 \tag{3.10}$$

についても仮想仕事はだから

$$T.V.W. = \int_{V} T^{\mu\nu} \frac{\partial \delta x^{\mu}}{\partial x^{\nu}} dV = 0$$
 (3.11)

叉は

$$T^{\mu\nu} = T^{\nu}$$

すなわち Two は対称テンソルである。結局、

$$T.V.W. = \frac{1}{2} \int_{V} T^{\mu\nu} \left(\frac{\delta x^{\mu}}{\partial x^{\nu}} + \frac{\partial \delta x^{\nu}}{\partial x^{\mu}} \right) dV$$
 (3.12)

が一般の仮想変位に対して成り立つ、古典論では α 、 α 系の區別がなくなり、従つて $\beta^{\lambda}_{i}\beta^{\alpha}_{j}=1$ となるから(2.88) において

$$\delta \eta_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial \delta x^{\lambda}}{\partial x^{\mu}} + \frac{\partial \delta x^{\mu}}{\partial x^{\lambda}} \right) \tag{3.13}$$

で,従つて

$$T.V.W. = \int_{\mathcal{X}} T^{\mu\nu} \delta \eta_i \, dV \tag{3.14}$$

§ 4 歪-歪力の關係

変形前後でエネルギーは常に保存されるから、一般に

$$\delta(u\,dm) = T.V.W. + \delta(Q\,dm) \tag{4.1}$$

但しdm は質量素分,u, Q はそれぞれ単位質量当りの内部エネルギーと熱エネルギーである。 エントロピーを σ , Helmholtz の目由エネルギーを $\phi=u-T\sigma$, T を温度とすると (4.1) から

$$\delta\phi \, dm = T.V.W. - \sigma\delta T \, dm \tag{4.2}$$

$$dm = \rho \, dV \tag{4.3}$$

だから、(3.12) を用いて

$$\int_{V} (\delta \phi + \sigma \delta T) \rho dV = \frac{1}{2} \int_{V} T^{\mu\nu} \left(\frac{\delta x^{\mu}}{\partial x^{\nu}} + \frac{\delta x^{\nu}}{\partial x^{\mu}} \right) dV \tag{4.4}$$

を得る。(2.33) より

$$\frac{\partial \delta x^{\mu}}{\partial x^{\nu}} + \frac{\partial \delta x^{\nu}}{\partial x^{\mu}} = 2\delta \eta_{ij} (\beta_{i}^{\mu} \beta_{j}^{\nu})^{-1}$$
(4.5)

を得るから、(4.5) を (4.4) に入れて

$$\int_{V} \rho(\delta \phi + \sigma \delta T) dV = \int_{V} T^{\mu\nu} \delta \eta_{ij} (\beta_{i}^{\mu} \beta_{j}^{\nu})^{-1} dV$$
(4.6)

(4.6) は $(L_{\rm A})$ についての一般化された歪一歪力の式である。媒質が均算の場合には (4.6) は

$$\rho(\delta\phi + \sigma\delta T) = T^{\mu\nu}\delta\eta_{ij}(\beta^{\mu}_{i}\beta^{\nu}_{j})^{-1}$$

叉は

$$T^{\mu\nu} = \rho \frac{\delta\phi + \sigma\delta T}{\partial\eta_{ij}} \beta_i^{\mu} \beta_j^{\nu} \tag{4.7}$$

等溫変化の場合には $\delta T = 0$ だから

$$(L_A) T^{\mu\nu} = \rho \frac{\partial \phi}{\partial \eta_{ij}} \beta^{\mu}_{i} \beta^{\nu}_{j} = 2\rho \frac{\partial \phi}{\partial k_{ij}} k_{ij} (4.8)$$

となる.

とれば (L_A) についてであるが、その他の歪については、例えば (2.28)—(2.31) を用いると、

$$(L_A)$$
 $=$ $(E_B)^{-1}$ より $\frac{\partial \phi}{\partial k_{ij}}$ $=$ $-m^{\mu j} \frac{\partial \phi}{\partial m^{\mu \nu}} m^{k \nu}$ であるから

$$T^{\mu\nu} = -2\rho \frac{\partial \phi}{\partial m^{\mu\nu}} m^{\mu\nu}$$

$$(L_B)=M^*(L_A)(M^{-1})^*$$
 より $\frac{\partial \phi}{\partial k_{ij}}=M^*\frac{\partial \phi}{\partial n^{ij}}M^*$ であるから

$$(N_B)$$
 $T^{\mu\nu} = 2\rho \frac{\partial \phi}{\partial n^{ij}} n^{ij}$

 $(L_B) = (E_A)^{-1}$ だから、 $(L_A) \rightarrow (E_B)$ と同様にして

$$(E_{A}) \qquad \qquad T^{\mu\nu} = -2\rho \frac{\partial \phi}{\partial h^{\mu\nu}} h_{\mu\nu}$$

を得る. 結局

$$(E_A)_E$$

$$T^{\mu\nu} = -2\rho \frac{\partial \phi}{\partial h_{\mu\nu}} h_{\mu\nu}$$

$$(L_A)_E \qquad \qquad T^{\mu\nu} = 2\rho \frac{\partial \phi}{\partial h_{ij}} k_{ij},$$

$$(E_B)_E$$

$$T^{\mu\nu} = -2\rho \frac{\partial \phi}{\partial m^{\mu\nu}} m^{\mu\nu}$$

$$(L_E)_E \qquad \qquad T^{\mu \nu} = 2
ho \, rac{\partial \phi}{\partial n^{ij}} n^{ij}$$

を得る.

古典論の場合には

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\mu\nu} = \eta_{ij} = \mathcal{E}^{\mu\nu} = \eta^{ij} \tag{4.13}$$

$$\rho = \rho_0 \tag{4.14}$$

であつて (4.9)-(4.12) は

$$T = \rho_0 \frac{\partial \phi}{\partial \varepsilon} \tag{4.15}$$

となる.

Brillouin⁵⁾ の得たものは(L_A) $_E$ であり,Murnaghan¹⁾, 2)の得たのは(L_B) $_E$,(E_A) $_E$ に相当する:Birch⁷⁾ は(E_A) $_E$ を具体的な問題に応用した。前にも述べたように有限の歪を論じた人は多いが,歪と歪力との関係については餘り注意を払わなかつたように思われる。(4.9)—(4.12)において一番重要なことは,歪を加えた場合の密度変化を考えに入れたことであろう。それから(3.12)と(3.14)とを比べて判るように,歪に代つて仮想変位ベクトルの方が物理的には基本の意味を持つていることである。古典論での歪一歪力の関係(4.15)を言葉で云うと,

"歪力テンソルは,Helmholtz の自由エネルギーの歪テンソルに関する勾配である". というととになるが、有限歪の場合には、(3.12) が根本の意味を持つていて,

"歪力テンソルと,仮想変位ベクトルの空間微分とのスカラー積は,媒質全体についてなされた仮想仕事に等しい"。

と云うことが出来る。そして古典論の場合に限つて、歪デンソルの変分と、仮想変位ベクトル の空間微分とが等しいのである。

§ 5. Lagrange 的歪力

§ 4 で述べた歪力テンソル T** は (3.3) で見たように x 系で定義されたもので、Euler 的

な定義である。(3.2) の Lagrange 的歪力についての歪一歪力関係は

$$T^{jk}dS_k = T^{\mu\nu}dS_{\nu} \tag{5.1}$$

から導くことが出来よう。その前に面積素分の変換法則を調べなくてはならない。一般に α 系上の任意の量が u, v 2 つの獨立変数の函数である時,面積素分は

$$dS_{k} = \begin{vmatrix} \frac{\partial a^{l}}{\partial u} & \frac{\partial a^{j}}{\partial u} \\ \frac{\partial a^{l}}{\partial v} & \frac{\partial a^{j}}{\partial v} \end{vmatrix} dudv = co\left(\frac{\partial a^{k}}{\partial w}\right) dudv$$
(5.2)

で定義される。但し, $co\left(\frac{\partial a^k}{\partial w}\right)$ は 、 .

$$\begin{array}{c|cccc} \partial a^t & \partial a^j & \partial a^{i*} \\ \partial u & \partial u & \partial u \\ \hline \partial a^t & \partial a^j & \partial a^k \\ \hline \partial v & \partial v & \partial v \\ \hline \partial a^t & \partial a^j & \partial a^k \\ \hline \partial w & \partial w & \partial w \\ \end{array}$$

の $\frac{\partial a^k}{\partial w}$ に関する餘因数行例式である。同様にして、この面積素分は x 系では

$$dS_{\nu} = co\left(\frac{\partial x^{\nu}}{\partial w}\right) du dv \qquad (5.3)$$

であるから

$$\frac{dS_k}{dS_{\nu}} = co\left(\frac{\partial a^k}{\partial x^{\nu}}\right) = co(\alpha_{\nu}^k)$$

又,

$$co (\alpha_{\nu}^{k}) = (\det \alpha_{\nu}^{k}) \beta_{\nu}^{k}$$
 (5.5)

$$\det \alpha_{\nu}^{k} = \frac{dV_{0}}{dV} = \frac{\rho}{\rho_{0}} \tag{5.6}$$

を用いると,

$$\frac{dS_k}{dS_\nu} = \frac{dV_0}{dV} \beta_k^\nu = \frac{\rho}{\rho_0} \beta_k^\nu \tag{5.7}$$

(5.7) を (5.1) に入れると・

$$T^{ik}dS = T^{jk} \frac{\rho}{\rho_0} \beta_k^{\nu} dS_{\nu}$$
$$= T^{\mu\nu} dS_{\nu}$$

より

$$T^{\mu\nu} = \frac{\rho}{\rho_0} T^{jk} \beta_k^{\nu} \tag{5.8}$$

を得る. (5.8) は両方の歪力表現間の変換法則である. とれを (4.9)-(4.12) に入れると,

$$(E_A)_L \qquad T^{jk} = -2\rho_0 \frac{\partial \phi}{\partial h_{uv}} h_{\mu v} \alpha_v^k \qquad (5.9)$$

$$(L_A)_L \qquad T^{jk} = 2\rho_0 \frac{\partial \phi}{\partial k_{jk}} \beta_k^{\mu} \qquad (5.10)$$

$$(E_B)_L = 2\rho_0 \frac{\partial \phi}{\partial m^{\mu\nu}} m^{\mu\nu} \alpha_{\nu}^k$$
 (5.11)

$$(L_B)_L \qquad T^{jk} = -2\rho_0 \frac{\partial \phi}{\partial n^{jk}} n^{jk} \alpha^k_{\nu} \qquad (5.12)$$

(4.9)—(4.12), (5.9)—(5.12) がもつとも一般化した歪と歪力との関係式であつて、 § 1 に述べたように、 問題の 性質によつて適当なものを選べばよい、 Murnaghan²⁾ の modified stress は (5.10) である。

実際の問題を解くには、 ϕ が彈性エネルギーであるとして、歪の函数と仮定するわけであるが、その具体的な例として、例えば Birch は等方性物質に耐水圧をかけた場合に $(E_A)_E$ を応用した。 たの他の例については島津・竹内 $^{9)}$ 及び島津 10 の $(E_A)_E$ による二三の例がある。境界條件を含む問題については\$ 1 で述べたように Lagrange 的歪力を考えねばならず、簡単な場合については Murnaghan $^{2)}$ の計算があるが、特にダイナミカルな問題については後の機会に改めて述べることにしたい。

ず 謝

- 1) Murnaghan, F. D., "Finite Deformations of an Elastic Solid." Am. J. Math., 59, (1937), 235—260.
- 2) Murnaghan, F. D., "Finite Deformation of an Elastic Solid." John Wiley & Sons, New York, (1951).
- 3) Coker, F. G. and Filon, L. N. G., "A Treatise on Photo-Elasticity," Cambridge Univ. Press, Cambridge, (1931), chap. 3.
- 4) Kappus, R., Z. A. M. M., 19, (1939), 271, 344.
- 5) Brillonin, L., "Les Tenseurs en Mecanique et en Elasticitè," 2 nd Ed., Masson, Paris, (1949), Chap. 10.
- 6) 菅本新助, "彈性・可塑性・粘性に関する現象論的諸理論の熱力学的導来法", I, 物性論研究, 20, (1949), 29, II, ibid., 21, (1949), 34.
- 7) Birch, F.," The effect of pressure upon the elastic parameters of isotrpic solids, according to Murnaghan's theory of finite strain," Jour. Appl. Phys., 9, (1938), 279.
- 8) Birch, F., "Finite elastic strain of cubic crystals," Phys. Rev., 71, (1947), 809.
- 9) Shimazu, Y., and Takeuchi, H. "Effect of tension upon the elastic parameters of isotropic solids," Geophys. Notes, Tokyo Univ., 2, No. 23, (1949).
- 10) 島津康男, "歪を受けた等方彈性媒質の中を伝わる彈性波", 地震, 5, (1952), 35.

東北日本における第3回爆破地震動觀測

爆破地震動研究グループ*

(1953 年 6 月 30 日受理)

The Third Explosion-Seismic Observations in North-Eastern Japan

The Research Group for Explosion Seismology

(Received June 30, 1953)

The third explosion seismic observation, which succeeded to the last two observations of Oct. 25, 1950 and Dec. 27, 1951 were carried out July 25, 1952 in North-Eastern Japan. In this experiment 5.5 tons of carlit were exploded at Isibuti adjacent to the site of the preceding two explosions for engineering purposes. In this case the amount of explosives was not sufficient that the accuracies of the arrival times observed at distant stations of the first motion were poorer than in the cases of the last two explosions. The arrival time of every phase is shown in Table 2 and the travel-time curves are shown in Fig. 2. The travel times at the observation stations in the southern direction lies on three different straight lines which are given by the following equations,

 $\begin{aligned} t'_3 &= 12 \text{h} \ 05 \text{m} + (-0.06 \pm 0.06) \ \text{sec.} + (0.1673 \pm 0.0003) \ \text{see.} \ \Delta \\ v'_3 &= 5.98 \pm 0.01 \ \text{km/sec.} \\ t'_4 &= 12 \text{h} \ 05 \text{m} + (3.7 \pm 0.3) \ \text{sec.} + (0.139 \pm 0.002) \ \text{sec.} \ \Delta \\ v'_4 &= 7.17 \pm 0.07 \ \text{km/sec.} \\ t'_5 &= 12 \text{h} \ 05 \text{m} + (1.9 \pm 0.3) \ \text{sec.} + (0.279 \pm 0.001) \ \text{sec.} \\ v'_5 &= 3.58 \pm 0.002 \ \text{km/sec.} \end{aligned}$

(\(\Delta \) being measured in kilometers.)

On the other hand, in the western direction, the equations are obtained as follows,

* 今回の観測に参加したものは次のとおりである。(ABC 順による)

秋田大学鉱山学部: 田治米鏡二, 山下四郎.

東北大学地球物理学教室:加藤愛雄,栗富一雄,高木章雄.

東北大学地震観測所: 嶺 永治, 鈴木衣郎.

東京大学地球物理学教室: 浅田 敏, 田 望, 小林直太, 茂木清夫, 佐藤良輔, 中條純輔.

東京大学地震研究所: 秋間哲夫,浅野周三,堀 実,萩原輝一,河角 広,笠原慶一,小林直吉, 松本英照,松本利松,宮村攝三,表俊一郎,長田甲斐男,嶋 悦三, 紫野睦郎,斉藤貞夫,辻浦 賢,田中貞二,山崎良雄,柳沢馬住,渡辺政雄。

科学博物館: 浅沼俊雄, 本多俊一, 村內必典。

中央気象台地震課: 小川辰郎, 宇津徳治.

地質調查所物理探鉱部: 古谷重政, 小島整志, 森 喜義, 氏家 明.

京都大学地球物理学教室:神月 彰,玉城逸夫。 九州大学地球物理学教室:河野,西嗣,吉山良一。 $t_3'' = 12 \text{h } 05 \text{m} + (0.00 \pm 0.05) \text{ sec.} + (0.172 \pm 0.001) \text{ sec.} \Delta$ $v_3'' = 5.81 \pm 0.03 \text{ km/sec.}$ $t_5'' = 12 \text{h } 05 \text{m} + (1.03 \pm 0.4) \text{ sec.} + (0.287 \pm 0.009) \text{ sec.} \Delta$ $v''_5 = 3.5 \pm 0.2 \text{ km/sec.}$

The velocity of seismic waves " v_3 " in the western direction is smaller than " v_3 " in the southern direction. In the case of the second explosion-seismic observation the velocity "v" of the same layer in the eastern direction was larger than " v_3 " of the southern direction. If we assume the structure shown in Fig. 3, the explanation to this will be that the lower layer, of which velocity is $5.9 \, \mathrm{km/sec}$, is overlaid by the soft layer of $2.56 \, \mathrm{km/sec}$ having the interface that dips 38' to the west.

§1 1950 年 10 月と 1951 年 12 月に岩手県膽沢郡若柳村石淵において土木工事の目的で多量の火薬の爆破が行われた。我々はその機会に既報のように、その際に発生する地震動の観測を東北各地において実施し地殼構造の研究を行つた¹⁾. 以下には 1952 年7月 25 日に行われたオ3回目の石淵大爆破による地震動の観測結果を報告し、東北地方の地殼構造についての2,3 の議論をのべよう。

繁2 前2回の観測結果よりみて、今回は更に深い所の地殼構造を研究するために測線を延長した。かくの如く遠距離においては当然地震動の振巾は小さくなるのでグランドノイズにさまたげられないように適当な方法を講じなくては観測を成功させることはとうてい不可能である。そこで我々は数ケ月前より東北地方のかなり廣範圍な地域の町村其の他の機関に書面を送り、横穴、廃坑等のくはしい調査を行つた。観測点配置を行うにあたつてはその結果が大いに参照され、このようにして、南方測線は発破点より約330km はなれた 筑波山に 於ける 地震研究所支所まで 延長せられた。又、前2回には行われなかつた西方にも約120kmの測線をつくり、6ケ所に観測点をつくつた。以上のべた点の外は、観測方法、観測機械など分2回目の爆破の時と殆んど同じである。

§3 5.546 tons のカーリットは前回の爆破点の極く近くで、(前回のより 20 m 南へよる) ダム工事の採石のために爆破された。爆破時刻は 1952 年 7 月 25 日, 12 h 04 m 59.42 s (日本標準時) であつた。

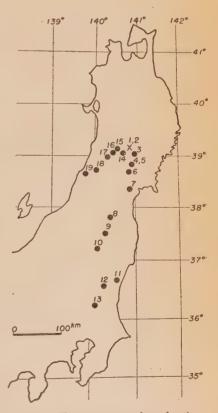


Fig. 1 Temporary stations for the third Isibuti explosion seismic observations.

Table. I Third Isibuti explosion-seismic	observations.
--	---------------

	Observation point	Loca	tion	Distance from shot point	Electromagn. Seismographs	Electronic Amplifiers	Observers
	1 Isibuti-1	Near th	e shot	0~2 km.	12c/s Vert.	None	Kojima, Furuya
	2 -2	poi	nt	2~5		Norie	Mori, Ujiie
	3 Hondera	140°56′29′′ E	38°58′24′′ N	15.3	3c/s Vert. Nov.	2 for D-vibr.	Hori, Tujiura
	4 Hosokura-1	140 54 33	38 48 13		10c/s Hor.	1 for H-vibr.	Kōzuki Yosiyama, Ni- sioka Kono
	5 -2			32.2	3c/s Vert.	2 for D-vibr.	
Sout	6 Kawatabi	140 45 31	38 44 38	41.9	3c/s Vert. Hor.	3 for D-vibr.	Dayasi, Asano
Southern	7 Nenosiraisi	140 48 52	38 19 03	87.8	3c/s Vert. Hor.	2 for D-vibr.	Takagi
ı pr	8 Daiyama	140 24 42	37 49 13	148.8	3c/s Vert. Hor.		nagiwara
profile	9 Takatama	140 17 36	37 30 33	185.0	3c/s Vert. Hor. 1 c/s Hor.	3 for H-vibr.	Yamazaki, Saito, Hiraoka
	10 Hatori	140 05 30	37 15 43	216.4	3c/s Vert. Hor. 1 c/s Hor.	3 for H-vibr.	Suzuki, Mine
]	11 Hitati	140 36 47	36 35 32	280.2	3c/s Vert. 1c/s Hor.	I for D-vior.	Tanaka, Osada
	12 Motegi	140 11 19	36 32 52	290.7	3c/s Vert.1c/s Hor.	3 for H-vibr.	Den, Nakazyo, Sato
	13 Tukuba	140 06 40	36 12 36	327.1	3c/s Vort. Hor. 1 c/s Hor.	4 for H-vibr.	Kasahara, Wa- tanabe, Mogi
	14 Katurazawa	140 40 34	38 59 49	22.2	3c/s Vert. Hor.		
	15 Yuzawa	140 30 30	39 09 36	33.8	10 c/s Hor.	1 for H-vibr. 1 for K-vibr.	Matumoto-H Tamaki
estern	16 Innai	140 21 54	39 02 50	46.0	Sc/s Vert.	2 for D-vibr.	Sima, Sibano,
ر سرر		140 17 12	38 52 00	58.7	3 c/s Vert. 1/3 c/s Hor.	2 for D-vibr.	Yanagizawa Utu
file	gawa 18 Sinazawa	140 00 31	38 41 05	90.0		3 for H-vibr.	Honda, Asanuma
	19 Tagawa	139 41 04	38 39 07	116.1	3c/s Vert. Hor.	2 for D-vibr.	Tazime

§ 4 今回の観測は、爆破点に近い所はおほむね良好な記録がえられたが、遠方の観測点においては増巾器のノイズ及びグランドノイズが地震動にコムパラブルとなり、明瞭な初動をえられなかつた。勿論、全観測所においては、附近の交通遮断等を行つているので日中の観測としてはこれ以上にグランドノイズを小さくすることは不可能であつた。遠方において初動を明瞭にとるためには、①火薬量を増加する。②爆破時刻を靜寂な夜間にする。③グランドノイズを消すように Pick up を配置する。④増巾器を改良あるいは新作しノイズを消す。というような数点の改良が必要である。

各観測点における読取りを第Ⅱ表に示す. 各測線別の走時を最小自乗法でもとめると, 南方測線(この測線に関するものは'を附す)

> t'_3 =12h 05m+(-0.06±0.06) sec+(0.1673±0.0003)sec. Δ v'_3 =5.98±0.01 km/sec.

 $t'_4 = 12 \text{h } 05 \text{m} + (3.7 \pm 0.3) \text{sec.} + (0.139 \pm 0.002) \text{sec.} \Delta$ $v'_4 = 7.17 \pm 0.07 \text{ km/sec.}$ $t'_5 = 12 \text{h } 05 \text{m} + (1.9 \pm 0.3) \text{sec.} + (0.279 \pm 0.001) \text{sec.} \Delta$ $v'_5 = 3.58 \pm 0.002 \text{ km/sec.}$

西方測線(″を附す)

 $t^{\prime\prime}{}_3{=}12 \text{h}\, 05 \text{m} + (0.\,00 \pm 005) \text{sec.} + (0.\,172 \pm 0.\,001) \text{sec.}\, \Delta$ $v^{\prime\prime}{}_3{=}5.\,81 \pm 0.\,03\,\text{km/sec.}$ $t^{\prime\prime}{}_5{=}12 \text{h}\, 05 \text{m} + (1.\,03 \pm 0.\,4) \text{sec.} + (0.\,287 \pm 0.\,009) \text{sec.}\, \Delta$ $v^{\prime\prime}{}_5{=}3.\,5 \pm 0.\,2\,\text{km/sec.}$

Table. II Arrival times of the third Isibuti explosion tremors.

Observation	Epicentral	Time of phase commencement (12h05m+)				
point	distance	t_3 or t''_3	t'4 ·	t'5 or t''5		
Hondera	15.3 km	2.44 sec.		sec.		
Hosokura	32.2	5.25		10.40		
Kawatabi	41.9	7.01				
Nenosiraisi	87.8	14.66		26.88		
Daiyama	148.8	36.2	24.49 sec.	43.70		
Hatori	216.4	48.5	34.0			
Hitati	280.2			80.00		
Motegi	290.7		43.92	83.39		
Tukuba	327.1		49.6	93.0		
Katurazawa	22.2	3.83				
Yuzawa	33.8	5.78		10.61		
Innai	46.0	7.98		14.41		
Mamurogawa	. 58.7	10.16		17.77		
Sinazawa	90.0	15.46				
Tagawa	116.1					

§ 5 南方測線. 第2回石淵の観測結果の解析より、地表近くに2.50 km/sec. その下に4.67 km/sec. の層が石淵の附近にはあることがわかつているが、今回は観測点の位置の関係でこれ等の層に相当する走時はもとめられなかつた。さて、こ1でこのような走時曲線から地殻構造を求めようとするのであるが、南方測線の走時曲線のみを用いるかぎりは、南方測線に関しては水平成層構造を仮定しなければ議論を進めてゆくことが出来ないので、まずこ1では、東北地方に一様にこれ等の層があるとして、これからの議論を進めてゆくこととする。しかし全回の観測の場合は爆破時刻が正確にもとめられているので先づ第一に、第一層の厚さは第2回の観測結果通りとして、第2層の厚さをもとめてみる。

i) 第2層 (4.67 km/see. の速度をもつ層) の厚さについて.

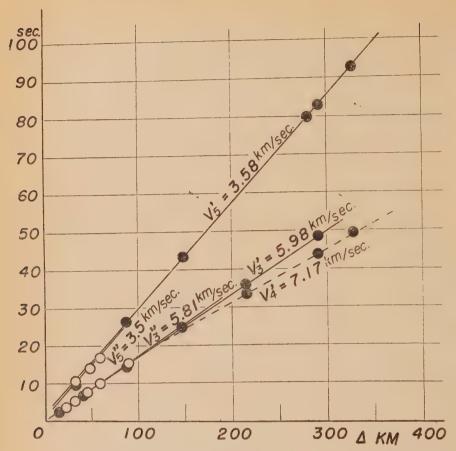


Fig. 2 Travel-time curves of the third Isibuti explosion seismic observations.

第2回の観測結果によると第 1 層,第 2 層の速度は,それぞれ $v'_1=2.56$ km/sec., $v'_2=4.67$ km/sec. 又第 1 層の厚さは $d'_1=0.75$ km である。今回の結果より第 3 層の走時曲線のintercept time は $\tau_{3\cdot0}=0.52$ sec. であるので

Fig. 3 EW-profile of the surface crust of N-E Japan.

$$\tau_{3\cdot0} = 2\frac{d_1\sqrt{v_3'^2 - v_1'^2}}{v_1'v_3'} + 2\frac{d_2\sqrt{v_3'^2 - v_2'^2}}{v_2'v_3'}$$

$$d_2 = \frac{v_2'v_3'}{2\sqrt{v_3'^2 - v_2'^2}} \left\{ T_{3\cdot0} - \frac{2d\sqrt{v_3'^2 - v_1'^2}}{v_1'v_1'} \right\}$$

$$\therefore d_2 \stackrel{\leftarrow}{=} -0.04 \text{ (km)}$$

即ち第 1 層の厚さを 750 m とすると,第 2 層の厚さは殆んど無視出来る程小さくなり,第 2 層は存在しないと考えてよいであろう.

ii) さてそれでは第1層の下には直接第3層が存在するとして,第1層の厚さを求めてみよう。

第1層 (2.56 km/sec. の速さの層) の厚さ

$$\tau_{3 \cdot 0} = \frac{2d_1}{v_1'} \sqrt{1 - \left(\frac{v_1'}{v_2'}\right)^2}$$

$$d = (0.74 \pm 0.01) \text{ km}$$

即ち,第2回の観測結果を用いて第1層の速度を $2.56 \,\mathrm{km/sec}$. とすれば,第1層は $0.74 \,\mathrm{km}$ の厚さとなり,その下には直接第3層が接するという構造を求めることが出来る. 尚,第2回 の観測の際 $4.67 \,\mathrm{km/sec}$. の層は,東方測線についての走時曲線に現れ,南方測線の走時曲線上には現れてはいない.更に南方測線の第3層の intercept time $\tau'_{3.0}$ は東方測線の第2層の intercept time $\tau_{2.0}$ に近い値なので南方測線では第2層は一応欠除していると考えているが,今回の結果と矛盾しない.

iii) 第3層の速度

今回は第3層の速度として 5.98 km/sec. が求められたが, 第1回の 6.13 km/sec. 第2回 の 5.91 km/sec. 等の速度に比べて誤差の範囲をとえて相違しているが, これは測線が一致して いないことによるのであろう。

iv) 第4層の問題

前述の如く遠方の測線においては初動が非常に不明瞭なため、との層の速度については將来の観測結果を待つて議論すべき問題である。しかし一応第4層の速度を7.17 km/sec. として第8 層の厚さ d_3 を求めてみると、

$$d_3' = (20 \pm 4) \text{ km}$$

となる.

§ 6 西方測線. 第2回の観測の際東方測線では第3層にあたる層の速度が 6.08 km/sec となり、南方測線のそれとの相違が大きく一つの疑問をのとしていた. 第3回目では、この疑問を追究する目的もあつて、西方にも測線をとつたわけである. かくして観測結果をみると第3層の速度に相当する速度は 5.81 km/sec. と出てきた. かくの如く石淵より東方え向つては 6.08 km/sec., 西方え向つては 5.81 km/sec という違つた速度の求められる原因として、第1層(速度 2.56 km/sec.) が東方えゆく程薄くなり西方へゆく程一様に厚くなつていると考へてみよう.

第3図の如き構造を考えると

$$\theta = 38'$$

となり下層の速度は $5.94 \, \mathrm{km/sec}$ と求められる。との値は南方測線の $5.98 \, \mathrm{km/sec}$ に非常に近い値であつて,一応もつともらしい値であると考へ得る。更に 実際 の 地質構造を考慮に入れてみると,石淵で第1層の厚さが $740 \, \mathrm{m}$ とすれば,東方約 $70 \, \mathrm{km}$ の所では第 $1 \, \mathrm{同はなく}$

なるととになり、実際東方 3~40 km 辺より北上山脈になり、古生層を処々において花崗岩が 貫いている地質となり、低速層は欠除している。石淵より西方は奥羽背稜山脈となり、火山岩 が噴出しているが、この基磐に所謂広義の green tuff が存在し、その層は西方え行く程厚く なると考えられているが、現在のモデルもこれと矛盾しない。しかし、石淵附近における表層 の速度が広義の green tuff の速度に対応するものであるか、5.94 km/secの 層の上の層を一様 に 2.56 km/sec. とおさえてよいかどうか、或は表層の傾きが 38′ということが正しいかどう か、これは將来更に研究すべき問題である。

文 蒯

- 1) G. R. S. E.: Observation sismique par explosion d'Isibuti. ZISIN, Ser. 2. Vol. 3. No. 2 (1951) 37—42.
 - R. G. E. S.: Explosion Seismic Observations in N-E Japan. Bull. E. R. I. 29 (1951), 97—106.
 - R. G. E. S.: The Second Explosion Seismic Observations in N-E Japan. Bull. E.R.I. 30 (1952), 279—272.
 - R. G. E. S.: Observations of Seismic Waves from the Second Isibuti Explosion. ZISIN, Ser. 2, Vol. 6, No. 1 (1953), 7—12.

増倍光電管による記録

一 長周期地震計の高倍率記錄 —

横浜測候所 川 瀬 二 郎

(昭和 28 年 3 月 31 日受理)

An Experiment on Seismographic Recording by Multiplier Phototube

Ziro KAWASE,

Yokohama Meteorological Observatory.

(Received March, 31, 1953)

Observations by seismograph-galvanometer couples are carried out at many observatories. But it may be considered that seismic wave form will be deformed by the process of changing the motion of pendulum into electric current, especially when electric amplifier is equipped with.

To obtain undeformed seismographic recording with high magnification, the author has adopted the multiplier phototube (Mazda MS-6S), which was used as a direct amplifier. The light sensitive plate is struck by light beams changing proportional to the displacements of pendulum. This phototube is connected directly to power tube 6V6 which feeds electric current proportional to the displacement of pendulum to the recorder.

Experimental observation was put in practice by a seismograph, period 2 seconds, damping ratio about 30. But the long period seismograph could not be used because of the predominance of daily ground inclination at our observatory.

§ 1 前 書

地震計振子の動きを電圧変化に直し、高倍率の地動記録を得る事は、種々の方法型式によって試みられ、又実用に供されている。其等の多くは電磁式であり、振子の動きの速度に比例したものを取り出し、電流計によって光学的記録を得るか、或いは電気的増巾によって高倍率を得ているものである。何れの場合にしても、地震動の有無を検するととや、或いは特定の周期又はそれに近い周期の地動について地震波動の特別な位相到達の初動を検する程度には利用出来るが、その地震動の性質を詳細に調べるには困難がある。電気を使わぬ直接の地震動記録から真の地動を求めるにも可成の手数を要するととを考えれば、増巾器によって高倍率をかけた記録から真の地動を求めることは不可能に近いであろう。筆者1)はガリチン型の記録の初動の変形について計算したが、その結果によれば簡単な初動についても大きな変形を生ずるのである。現在では位相の初動振巾及び時刻のみについての攻究が行われているが、将来は(恐らく長周期の地動について)波形が問題となるであろう。この為に長周期高倍率の地震動記録が

必要となるのではないかと考えている.

筆者はかねてから長周期変位を忠実に高倍率とすることを企て」いたが、今回中央気象台関係官の御援助によつて、或る程度の見通しを付ける事の出来る実験の一段階を完了したのでと とに報告する次第である。

§ 2 長周期高倍率を得る方法

一般に使用されている電気増巾回路にはCL回路が使用されているから短周期程利得が大きい、従つて長周期については高倍率を得る事が不可能である。長周期のものを高倍率にする為には、直接結合回路(R,Lを含まね)を使わねばならぬがこれには高電圧を要する。又は変位に比例する電流を可成り高い周波数の振動電圧に混合して一般の増巾器で増巾し、後で検波する方法も考えられるが、真空管を数多く使用せねばならず、又回路も複雑となり常時観測には不適当である。

米国でよく用いられているような、1秒周期の地震計により電磁的に得た電流を長週期の電流計に通じ光学的記録を得る方法では、現像してからでなくては記録を見るととが出来ないので Pitzburgh 大学の E. L. Sulkowski²⁾ は、最後の段階で光を感光紙上に当てる代りに増倍光電管に当て、それによつてインキ書きの記録を得ている。

筆者は、最初から長周期の地震計を用い、振子の変位を光変化に直し、それを増倍光電管に 当て」それによって得た電流を増巾する方式を取る事も可能であろうと考えた。増巾器は直接 結合で周期的特性は極めて短周期の所を除いては直線的であるから、所期の目的を達する事が 出来る。

以下では増倍光電管、増巾器、投光装置及び電流計等について順次説明する。

§ 3 增倍光電管(2次電子管)

一般の光電管の出力は小さく、それを増巾するのは可成り厄介である。増倍光電管は、感光面を発した光電子が次の高電圧の極(Anode)に達し、3~4 倍の数の2次電子を発せしめる。 これ等2次電子が更に第3番目の更に高電圧の極に達して3~4 倍の数の2次電子を発せしめる。 此の様にして6段の2次電子を発せしめる極を用いたものが日本でも市販されている(マツダ MS-6S)。各極間の電圧は約100 V であるから総電圧は700 V 与えればよく、何等周期的な影響を受けない・(米国では9段900 V のものがある)・以下光電管とは増倍光電管を意味する事とする・表は使用した光電管の中の1個の特性を示しているが、増倍率は10⁴程度であって、末だ製品の規格が一定していない様である。感光面は8 mm×30 mmの面積があり、感光面(陰極)と陽極との間の6つの anode に夫々100 V 宛かけてある。陽極と第6の anode との間の電圧を120 V 位にすると増倍率は約2倍になる。過大電流(1 mA以上)を流すと感光面を損するから、実際には陽極電流は数 μΑ で止めて置く。一般の真空管の内部抵抗に相

2 次 電 子 管 試 験 成 績 表マッダ MS-68 型 6 段型 2 次電子増倍光電管

光電面	アンチモンセシウム
陽極供給電圧	700.V
光陰極感度	16 μA/Lm
暗電流 (陰極電流)	0.15 μΑ
暗電流 (陽極電流)	0.07 μΑ
陽極感度	$130~\mu\mathrm{A/mLm}$
增倍率	8.1×10^{3}

当するものが可成り大きいので,陽極回路に 大きな抵抗を挿入すれば,此の抵抗の両端で 大きな電圧差を生する。 $1\,\mathrm{M}\Omega$ ならば数 $\mu\mathrm{A}$ で数 Volt を得るから,此の電圧差を以て直 ちに電力増巾(管の格子に与えることによつ て)を行う事が出来る。

欠点としては感光面の疲労が見える事と, 面が均質ではない事, 現在では未だ可成り高

価な事等が擧げられる.

§ 4 增幅回路

此の実験の目的は変位を忠実に記録することにある。故に此の増巾回路には直接結合式を使わねばならない。然し前に述べた様に、光電管の陽極回路には数 volt の電圧が生ずるから直ちに電力増巾を行う事が出来る。

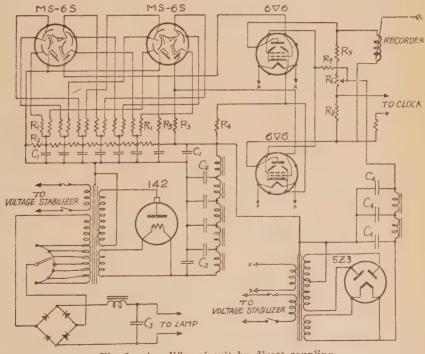


Fig. 1. Amplifier circuit by direct coupling.

第1図は増巾回路結線図である。記録用電流計には直流を常に流す事は出来ない様な設計になっているので出力管は push-pull 式にせねばならず,一般に直接結合では位相転換が困雑なので前段即ち光電管も push-pull にせねばならない。位相転換法は後で述べる。

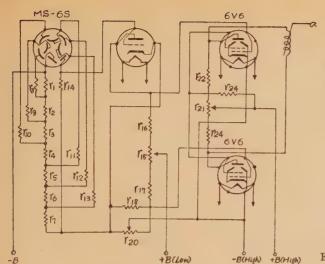
図によつて回路の説明をする。光電管には前述の様に 700 Volt を各極 100 Volt 宛に分けね ばならないし、又その電圧が、光電管電流の為に乱されてはいけないので、最終段の陽極電流 が10 μAとして少くともその100倍の1 mAを流して電源電圧の変動を起さぬ様にせねばなら ぬ、実際には6 mA流してあるので、光電×流が10 μA の範圍で変化しても、電源にも電圧分 割回路にも大きな変化は生じない。電源用の整流管は142を用い。5段の30 H低周波チョー クと8μFDのコンデンサーによって殆んど脉流のない電流を得ている。 これを Voltage divider R₂ 7 簡によって 100 Volt 宛に分割し、保護抵抗 R₁ 及び R₃ を通じて 光電管の各 極に結ぶ、 R_1 は $50~\mathrm{K}\Omega$ で R_3 は $1~\mathrm{M}\Omega$ を使つている、倍率の大小は R_3 の値に関係する が、餘りに大きければ内部折抗と同じオーダーになるから、その抵抗値には正比例せず、又リ -クが生するのでせいぜい $1 \, \mathrm{M} \, \Omega$ 止りであろう。 R_3 は前述の陽極抵抗であつて出力管の格子 にその電圧が与えられる。高圧側は出力管の陽極に、低圧側は格子に結ばれ、その定常電圧が 格子偏倚電圧になるが、光電管に与える光量が小さい場合(とれは倍率とは異る、後述する・) には出力管の規定の格子偏倚電圧に及ばない事があるので R4 を適当に選べばよい。尚此の偏 **倚電圧は普通のテスターでは抵抗が大きくて、誤差が大きくなるので、出力管の陽極電流を測** 定して所定の格子電圧がか $_1$ つているかどうかを知り R_4 を選ぶのである。図では R_3 、 R_4 に 挿入されいる電流計、 R_1 の各部分に切替えで測定する様にしてある電圧計は省略している。

出力管(6V6)の電源整流管は KX5Z3 を用いて居り,整流回路は2 段のチョーク,コンデンサーを用い, R_6 , R_8 を経て出力管の陽極に結び,push-pull の平衡を取る為に R_6 を使っている。 実際には初め格子に規定電圧をかけた定常状態に於て R_6 平衝の位置を求めておけば後はその位置を動かすことはないし,又動かしてはいけないのである。 R_8 には刻時用の時計の接点が並列に入つている。

 R_5 , R_8 の夫々の低圧側は格子入力がない時は平衡しているが,格子入力がある時はそれに結ばれた記録用電流計にふれを起す。

光電管への光源は自動車ランプを用いるが,その電源はセレン整流器,整流回路によつて得ている.

§ 5 直接結合回路における位相轉換



 r_{15} は平衡用抵抗であつて、 r_{16} と r_{17} の僅かな抵抗差を等しくする様にする為に挿入してある。陽極電流は +B (Low) から r_{15} の約半分と r_{16} , 陽極,陰極を経て、更

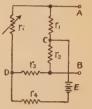


Fig. 3. Equivalent circuit diagram of Phase inverter.

Fig. 2. Phase inverter.

に光電管の電圧分割抵抗 r_7 , r_6 .. r_1 を流れ-B に行く,-方平衡回路 r_{15} 半分, r_{18} から r_7 .. r_1 を通る電流があり、此の2つの分流する電流が等しくなる様に r_{18} を決めれば、 r_{18} は位相転換管の内部抵抗に等しくなつている筈である。との回路を等価回路で示せば第3図であつて、 r_1 は第2回の r_{15} の半分と r_{16} , r_2 は r_{15} の半分と r_{17} , r_3 は r_{18} , r_6 は直空度の内部抵抗、 r_4 は r_7 .. r_1 の和に相当する。とれは Wheatstone bridge と同じ型であるととを知ればあとは容易に考察出来る。

格子に信号電圧がか」ると r_t が変化し、それまで平衡を保つていた r_t 、 r_1 と r_2 、 r_3 回路の平衡が破れて r_1 を流れる電流が変化し、従つて r_2 を流れるのも変化して、しかもそれは位相が反対であるからA、B 間に電圧差を生する $(r_1=r_2)$. との電圧差は r_t を変数として

$$\frac{\mathbf{E}(r_1r_3 - r_tr_2)}{(r_t + r_1)(r_2 + r_3) + r_4(r_t + r_1 + r_2 + r_3)}$$

となり、 r_i については直線的ではなく完全な位相転換とは云い難いが、仮りに 3 極管として計算して見ると、尤もらしい値 $r_1=r_2=100$ k Ω $r_3=10$ k Ω , $r_4=120$ k Ω E=1000 Volt を入れて AB 間の電圧差の図を作れば第 4 図に示す様になつて殆んど直線である。AB の中点は勿論 C であるが、この中点と A 及びB との間の電圧差は r_1 r_2 を流れる電流か仮りに少く見積つて 1 mA であつても r_1 r_2 が大きい(100 k Ω として)から 100 Volt 以上か 1 る、之を直ちに電力増中管の陰極及び格子間にかけることが出来ないので、格子偏倚電圧に等しい 1 B間の変化電圧の中点を求めねばならない。第2 図で 1 であった。 がその為に設けた可成り大きい並列抵抗が出来る。此の様にして電力管(数 1 M1 であって、陽極電圧(1 1 での低圧側の端)と陰極電圧の中間の値を任意に取る事に目的とする信号電圧と所定の負電圧をかける事が出来る。電

力管用の高圧電源+B(High) $\sim -B$ (High) \geq , -B $\sim +B$ (Low)電源との間には直接の電力のやりとりは無いが格子電圧のみで連絡されている。

位相伝換管によつては変化電圧の利得は大きくない。 尚此の回路は実験したのみで、実際観 別は行つていない。

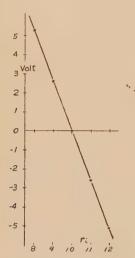
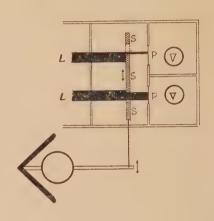


Fig. 4. V_{AB} - r_i curve in an experiment (V_{AB} : voltage between A and B in fig. 3).



. Fig. 5. Schematic view of mechano-optical transducer.

§ 6 投光装置について

、一規測は push-pull 式で行つているので、光電管も 2 個を使用した。電源は前節で述べた様に交流をセレン整流器で整流したもので、光源には 12 CP の自動車電球を使用した。平行光線を得る為にレンズを使用すべきであつたが手許に無かつたので、巾約 3 mm のスリットを 2 個置いて大体平行光線とした。光電管の感光面は均質ではないから、光量を変化させた時には感光面全面に当てた光を変化せしめるようにせねばならない。この為に、振子から出ている遮光板によつて光の幾部分かを遮り、その残りが振子の変位によつて増減し、その変化する光量は光電管の感光面に直接には達せず中間に紙の screen を置いて散乱光線として与えられる様にした。

此の機構を模図的に第5図に示す。Lは光線でそれが地震計の振子に結ばれた遮光板Sによって遮られ、振子の静止状態では紙Pに当る光は等面積であるが振子の変位に比例して1方は増し一方は減少する様になっている。Vは光電管である。

§ 7 記錄用電流計について

当初は記録をインキ書きにする積りで、設計を依頼したが、ペンが太過ぎ、又摩擦が大きい

ので煤書きとした. との電流計の性能は次の通りである.

磁石: MK 鋼, total flux: 45000~47000 Maxwell

coil: # 46 (ϕ =0.06) 3000 T. area: 4×8 cm. effective area: 28 cm²

直流抵抗: 3000 Ω~3500 Ω

偏角: ±20°

感度: ±15° に於て ±10 mA, 電圧降下 30~35 V

周期: 0.15~0.16 sec.

偶力: 先端で 2.3 gr/5°

制振: 無週期まで可能, 油制振

§ 8 倍率に就ての考察

一般に電磁式の高倍率地震計と云われるものは、実は高感度地震計と称す可きであつて、地動の変位と記録上の振巾との間には非常に厄介な関係があつて倍率と称す可きではないと考える。感度とか倍率と云う語には多くの問題があると思われるが一応と」に記して置く。

此処で云う倍率とは振子の変位に対する電流計のふれであつて、地動に対するものではない 事として置く。

(1) 光量による倍率の変化

光量は(光東)×(面積)で与えられるから,光電管に一定の陽極電流を流す様にする為には,(光東)×(面積)を一定にせねばならず,振子が変位すれば面積のみが変化するから光電管に与える光の面積を小さくして置けば,振子の変位に対する変化の割合が大きくなる。例えば振子の靜止の位置で光の巾が $1 \, \mathrm{mm}$ (振子が変位して光の巾が変化しても,長さには関係しないとする)である様にした時に,振子の変位によつて巾が $0.1 \, \mathrm{mm}$ 小さくなれば,変化は 10% であるが,靜止の位置の巾を $0.5 \, \mathrm{mm}$ とすれば変化は 20% である。即ち靜止の位置における光量に対し変化する光量の割合が倍率となるわけである。云いかえると,巾を極めて狭くして光を強くすれば倍率が大きくなる。

従つて、振子の許容変位によつて倍率が制限されるとととなるし、又倍率によつても光量を 加減する中が決定されるのである。実際には倍率の加減はランプに与える電圧を加減するとと によつて与えられる。

(2) 増巾器による倍率

増巾器と云つても前述の様に光電管→電力増巾であつて、問題になるのは光電管の<u>陽極回路</u> 生ずる電圧であり、電力増巾回路の所ではは大き問題は生じない。

前項の光束が 10% 変化すれば、陽極回路に生ずる電圧変化も 10% であるから、電力管に 与えてある格子電圧も 10% の変化をする。一般に格子電圧変化は陽極電流変化には正比例し ては生ぜず幾分の歪みを生ずる。その歪みは振巾に就てのみ生ずるから、予め振巾倍率曲線を作って置けばよく、後から補正をすることが出来る。若干の高調波形の混入は真空管使用のもの」共通欠点としてこよでは觸れない。

第1図の様な回路では電流計によって記錄させてあるから、電流計の抵抗値によって陽極抵抗を変えねばならず、又電力管の内部抵抗によっても陽極抵抗を定めねばならない。電力管及び電流計のブロックの(前段とは電力に就ての勢力の交換はないから切り離して考えてよい)等価回路は第6図の様に表される。 r_i は内部抵抗で格子電圧の変化によって $\pm \rho$ 丈け変化するとする。陽極負荷抵抗をr,電流計の抵抗をRとし、電流をIとする。起電力をEで示せば,電流計を流れる電流は

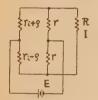


Fig. 6. Equivalent circuit diagram of power amplifier.

$$I = \frac{r\rho}{2(r_i^2 - \rho^2)r + 2\rho r^2 + R(r_i + \rho + r)(r_i - \rho + r)} E$$

となり、r の値によつてIが最大である為には $R = \frac{2r_t r^2}{r_t^2 - \rho^2 - r^2}$ とせねばならない。

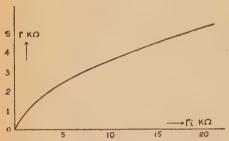


Fig. 7. Nomogram determining r (plate load resistance) from r_i (internal resistance of power amplifier tube).

力管及びその格子電圧によって陽極抵抗をえらぶ 為に計算したものである。此の様にして陽極回格 の負荷抵抗が定まれば真空管の使用状態が定つて 倍率が決定される。

(3) 倍率の検定をするには、振子に変位を与えて電流計の針先のふれを測走すればよいが、光東を測定すれば、光電管の陽極回路に生する電圧が判り、それによつて電力管回路の前述のIを知

るととが出来る.

(4) 前に少し觸れたが、本回路の周期特性は光電管、電力増巾回路共に蓄電器、感応線輪を含まないから周期による変形、位相のおくれ等は生じない。唯電源部の整流回路ではそれが生ずるが、目的としている1秒以上の周期では一様な倍率を有し、又電流計も過制振で使用しているからその個有周期 0.16 秒の所に小さな極大が出来る丈けである。

§ 9 觀 測 結 果

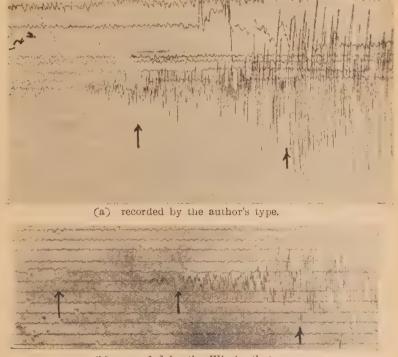
実際の観測には長週期地震計が手許にないので簡單微動計を改造して、周期2秒、制振度はよく判らないが恐らくv=80位になつていると思われる状態で使用した。

観測を開始して問もなく定電圧器が故障を起し,直接電灯線から電力を取つたが,折悪しく電力事情の悪い時であつたので電圧の変化が激しく,倍率を容易に定め得なかつたので Wiechert 地震計の記録と比較して大体の倍率の目安とした。との結果を第8図及第9図に示してある。毎日連続記録するとなると横浜測候所では脈動が(自動車等の人工的なものも多い)大きいため,光源の照度を加減して,こうして見積つた倍率を200~800倍にして観測を行つた。この増巾器による倍率の最大は1200倍位であつて,長周期地震計の場合では数百倍位で常時観測を行う可きではないかと思う。倚地盤の傾斜日変化の振巾が小さければよいが,当所の様に傾斜が大きい所では,倍率を規定する可き光量が常に変化するので都合が悪い。

§ 10 結 び

長周期高倍率地震計製作の1段階である本実験について、その長所と欠点について云えば、

- (1) 純然たる変位高倍率を得る事が出来たので長周期地震計に使用して差支えない。
- (2) 電気的回路は簡單であつて、故障が起ることが少い、使用真空管の数が少くて落te
- (3) 小さな地震計を母体にして高倍率が得られる。
- (4) 地震計の傾斜が利くので、傾斜の少い所で観測せねばならない。



(b) recorded by the Wiechert's type.

†: minute time mark.

Fig. 8 Seismograms of the earthquake on 15h 32m, Oct. 28, 1952, observed at Yokohama Observatory.

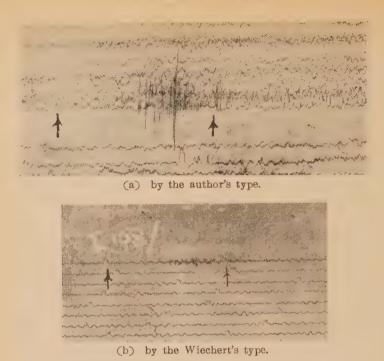


Fig. 9 Seismograms of the earthquake on 8h11m, Oct. 28, 1952.

(5) 光電管の特性が変化するので時々検定せねばならない.

将来改良すべき多くの点があり、又長周期地震計による観測結果がないので完全な報告とは 云えないが、之を以て一応の報告とする。終りに臨み本実験につき御援助を載いた和達中央気 象合長、井上地震課長及び、器具の使用につき御援助下さつた酒井技官に厚く御礼申し上げる 次第である。

文 献

- 1) 川瀬二郎: 電磁地震計の或る場合 東京管区気象研究会誌第 10 号 (1951)。
- 2) Eugene L. Sulkowski: The University of Pitzburgh pen-and-ink recording seismograph.

 (Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 4 No. 3 July, 1950.)

爆破地震動及び微弱地震動測定 のための増幅器の試作

東京大学理学部地球物理学教室 田

望

(昭和 28 年 6 月 22 日受理)

On Very Low Frequency Amplifiers to Observe the Explosion Seismic Waves and the Weak Seismic Waves.

Nozomu DEN.

Geophysical Institute, Tokyo University.

(Received June 22, 1953)

A very low frequency amplifier is required to study the various nature of the explosion-seismic waves and the weak seismic waves. For this purpose, the author designed the several types of amplifiers with high gain in the range of 1 to 30 c. p. s. These are as follows:

MG-II type (Fig. 1), MG-IV type (Fig. 3),

MG-VI type (Fig. 4), MG-VIII type (Fig. 6).

A type of the voltage stabilizer is designed also. (Fig. 8. 9).

§ 1 Introduction 1950 年以来日本における爆破地震学の発達に伴い,爆破地震動の遠隔観測に適する地震計及び増巾器の研究が必要となり,又一方微小地震の観測も数年前より浅田敏,鈴木次郎両氏により研究されていたが,とれについても増巾器の必要性が認められていた。そこで浅田氏及び筆者は1950 年以来種々の電磁式地震計及び増巾器を試作し,過去四回の爆破地震動観測及び1952 年の十勝沖地震餘震観測の経験に基き改良を加え今日に至つた。本論文においてはこの間における超低周波増巾器の研究結果について述べる。

地震探鑛法においては以前より電磁式地震計及び増巾器が用いられているが、その使用周波数帶域は 10~100 c.p.s. 程度で、且つ filter 回路でその内の更に狭い帶域を使うことが多い。 然るに爆破地震動及び微小地震動観測に於ては使用周波数帶域は 1~30 c.p.s. 程度の超低周波帶であつてこのために増巾器設計上港だしい差異を生ずる。設計上の問題となる点をあげると次の通りである。

1) 周波数が低いために入力,出力共に transformer を使用することが困難である。その結果初段増巾管の grid 入力電圧が微少である。(数 μ V~数 mV)それ故 circuit noise を充分小さくしなければならない。記録用電流計は impedance が低いものを使用するため impedance match が出来なくなつて極めて能率が悪い。そのために増巾器としては高い増巾度が要求され

る.

2) 周波数が低いために decoupling circuit その他に於て特殊な回路を使用しなければならないので普通の audio frequency amplifier とは可成り異つた設計を必要とする.

又観測に際しては器械を輸送して野外観測をするととが多いので、B電源として蓄電池を使用するととは望ましくない。積層乾電池を使用するのもよいが相当の noise を出す品が多く、又長時間使用に適さぬため、我々は A. C. 100 V を利用することとした。

数トン乃至数十トンの火薬の爆発による地震動を測定して走時曲線を決定する目的のためには速度記象を得るのが最も有利であり,moving coil type 等の地震計の出力電圧は速度に比例するから,増巾器としては所要帶域で平坦な特性を持てばよい.そしてその程度の爆破地震動においては速度記象の上で P 波で $\Delta=10\sim50\,\mathrm{km}$ では $8\sim20\,\mathrm{c.\,p.\,s.}$ の振動が卓越し, $\Delta=150\sim300\,\mathrm{km}$ では $3\sim6\,\mathrm{c.\,p.\,s.}$ の振動が卓越するととが観測されている.又 later phase においては、 $\Delta=10\sim50\,\mathrm{km}$ 程度においても $1\sim0.5\,\mathrm{c.\,p.\,s.}$ 程度の振動が含まれているから,振動の種々の性質を調べるためには数秒の週期迄研究する必要がある.一方走時曲線決定の目的から言うと増巾器の周波数特性は増巾器内の phase lag の問題も考慮に入れて近距離観測 ($\Delta<100\,\mathrm{km}$) では $3\sim30\,\mathrm{c.\,p.\,s.}$ 遠距離観測 ($\Delta>100\,\mathrm{km}$) では $1\sim15\,\mathrm{c.\,p.\,s.}$ の帯域を平坦に増巾し,それ以外では可成急峻に減衰するものが適当と考えられる.

又微小地震及び微弱地震観測においても $1\sim30$ c.p.s. の帶域は重要なる意義を有する. とのような要求から $1\sim30$ c.p.s. 帶域を採用した.

爆破地震動及び微小地震動観測の際には地震計より増巾器迄数十米乃至数百米に及ぶ長い導線を張る場合が多いため 50 c. p. s. の交流,所謂 hum が混入する危険が多い。従つて地震計の impedance も餘り高くするととは無理であつて 2 $K\Omega$ 以下程度におさえなければならない。 このととは地震計の感度に対して可成の制限となるものである。その様な理由から X 型 π 型の L, C による low pass filter の採用も試みた。

上記の周波数特性を持つ器械で観測してみると爆破地震動の場合は最大振巾は $\Delta^{-1\cdot2}\sim\Delta^{-1\cdot5}$ に比例して減ずる様であるが、初動読取のためには増幅度は大体 $\Delta^{2\cdot0}$ に比例させるのが適当と考えられる。我々は $0\cdot2$ volt/kine 程度の地震計 を使用しているので数トンの火薬爆破で $\Delta=300~{\rm km}\sim500~{\rm km}$ に及び観測をする時は $1~{\rm \mu V}$ の入力電圧を記録紙上に $1~{\rm mm}$ に書かせる程度の増幅度迄が要求される。現在 $10^{-4}~{\rm A/mm}$ の galvanometer が使用されているので増幅器として最大 $g_m=100~{\rm T}$ が必要である。

- § 2 Circuit Diagrams 前述のような考察に従って数種類の 増幅器を製作したのでその配線図及特性につき述べる。
 - § 2.1 MG-II Type Amplifier Fig. 1 がこの配線図である。B 電源としては後述の定

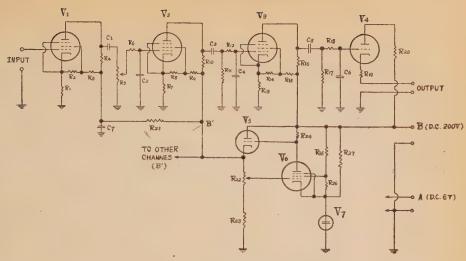


Fig. 1 MG-I Type Amplifier

V_1 , V_2 , V_3 , $V_6 = 6 SJ 7$	V_4 , $V_5 = 6 J 5$	$V_7 = VRA 65/80$	
$R_1 = 750 \Omega$	$R_2 = 40 K \Omega$	R_3 , R_4 , R_{10} , $R_{16} = 250 K \Omega$	
$R_{5}, R_{11}, R_{17} = 500 K \Omega$	$R_{6}, R_{12}, R_{18} = 300 K\Omega$	$R_7 = 500\Omega$	
$R_s = 20 K\Omega$	$R_9 = 80 K \Omega$	$R_{13} = 1K\Omega$	
$R_{14}, R_{25} = 30 K \Omega$	$R_{15}, R_{22}, R_{23} = 100 K \Omega$	$R_{19} = 600 \Omega$	
$R_{20} = 10 K \Omega$	$R_{21} = 50 K \Omega$	$R_{24} = 1M\Omega$	
$R_{26} = 5K\Omega$	$R_{27} = 15 K \Omega$	$C_1, C_2, C_5 = 1 \mu F$	
C_2 , C_4 , $C_6 = 0.01 \mu F$			

電圧整流器($200\,\mathrm{V}$)を,A 電源としては $6\,\mathrm{V}$ 蓄電池を用いる。 $\mathrm{V_1-V_4}$ の増幅部分は $3\,\mathrm{channels}$ を同一器内に組んであり, $\mathrm{V_5}$, $\mathrm{V_6}$, $\mathrm{V_7}$ のB電圧安定装置は $3\,\mathrm{channels}$ に共用する。 との回路は $\mathrm{V_1}$, $\mathrm{V_2}$ のB電圧安定化と共に $\mathrm{V_3}$, $\mathrm{V_4}$ よりの feed back を防止する decoupling circuit としての作用もなし,又他の channel との coupling を防ぐ作用もしている。out put には $10^{-4}\,\mathrm{A/mm}$ の galva を接続する。感度は $30\,\mathrm{C}$ であり circuit noise は入力電圧にして $3\,\mu\mathrm{V}$ 以下である。との型式の増福器は多数製作され爆破地震動観測に主要なる役割を果して いる。なお周波数特性は Fig. $2\,\mathrm{O}$ ようになつている。

 \S 2.2 MG-IV Type Amplifier Fig. 3 が との回路であり、双三極管による 4 段増幅で感度 は 10 0 である。比較的小型で使用に便利に製作 してある。 V_5 V_6 は B 電圧の安全装置である。

§ 2.3 MG-VI Type Amplifier Fig. 4 の 配線図に示されるものがとれで 6 SL 7, 6 SN 7 に よる push-pull 五段増幅である。B 電源は定電圧 整流器で 150 V を用いる。 $V_{11} \sim V_{14}$ は B 電圧

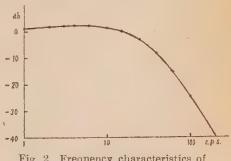


Fig. 2 Frequency characteristics of MG-II Type Amplifier.

安定回路である. 感度は 1700 である. L. C による X 型の low pass filter を入れてあるが

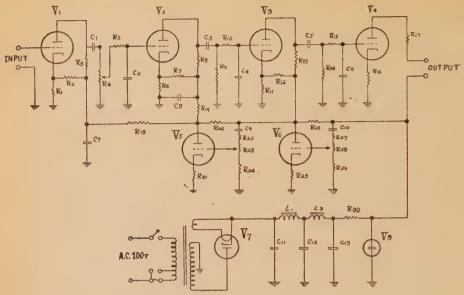


Fig. 3 MG-IV Type Amplifier.

100				
$V_1, V_2; V_3, V_4 = 6 SL 7$	$V_5, V_6 = 6 SN 7$	$V_7 = 80 \text{ HK}$		
$V_8 = VRB 135/60$	$R_1, R_6, R_{21} = 1 K\Omega$	$R_2 = 125 \text{ K}\Omega$		
R_3 , R_8 , R_{13} , $R_{29} = 250 \text{ K}\Omega$	R_4 , R_9 , R_{14} , R_{23} , $R_{28} = 500 \text{ K}\Omega$	R_5 , R_{10} , R_{15} , $R_{24} = 300 \text{ K}\Omega$		
$R_7 = 150 \text{ K}\Omega$	$R_{11}, R_{16} = 750 \Omega$	$R_{12} = 100 \text{ K}\Omega$		
$R_{17} = 5 \text{ K}\Omega$	$R_{18} = 50 \text{ K}\Omega$	$R_{19} = 20 \text{ K}\Omega$		
$R_{20} = 10 \text{ K}\Omega$	$R_{22} = 2 M \Omega$	$R_{25} = 500 \ \Omega$		
$R_{26} = 4 \text{ K}\Omega$	$R_{27}=1 M\Omega$	$R_{30} = 3 \text{ K}\Omega$		
$C_1, C_3, C_5 = 1 \mu F$	$C_1, C_3, C_5 = 1 \mu F$	C_2 , C_4 , $C_6 = 0.01 \mu F$		
C_7 , $C_{13} = 30 \ \mu F$	C_8 , $C_{11} = 10 \mu F$	$C_9, C_{10} = 2 \mu F$		
$C_{12} = 20 \ \mu F$	$L_1, L_2 = 30 H$			

との回路の特性は Fig. 5 のようになつている。circuit noise は $0.3\,\mu\mathrm{V}$ (eff) 程度で高度の安全性がある。爆破地震動の Δ =300 km 以上の観測に於て極めて有效である。

§ 2.4 MG-VIII Type Amplifer Fig. 6 の配線図に示されるもので single で使用し、 最終段において push-pull にし交流分だけ取出すようにしてある。超低周波における出力の取 出し方法としてはこの方法が有利である。

以上は筆者の試作した増幅器の主なるものである。前述のようにとれて接続する電流計は感度 10^{-4} A/mm, 内部抵抗数 Ω のもので,感度は低いが固有周波数は 1000 c. p. s. であり,且 つ安全であるのでとれを使用している。電流計の内部抵抗は数 $K\Omega$ のものでも最終段の回絡を多少変更するととにより使用出来るから,とれらの増幅器は同程度の電流感度の pen and ink writer にも使用出来るものである。

§ 3. Voltage Stabilizer 電源としては長時間観測のために電燈線の A. C. 100 V が利用出来るように研究したのである。しかしながらとの電燈線には電圧変動が存することが増幅

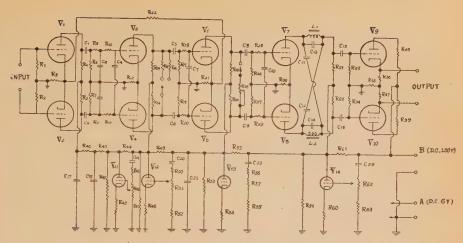


Fig. 4 MG-VI Type Amplifier.

 $\begin{array}{c} V_{1},\ V_{2};\ V_{3},\ V_{4};\ V_{5},\\ V_{6};\ V_{7},\ V_{8};\ V_{11},\ V_{12};\\ V_{13},\ V_{14}=6\ SL\ 7\\ V_{9},\ V_{10}=6\ SN\ 7\\ R_{1},\ R_{2}=2\ K\varOmega\\ R_{3}=1.5\ K\varOmega\\ R_{4},\ R_{5},\ R_{47},\ R_{63}=100\ K\varOmega\\ R_{6},\ R_{7},\ R_{6},\ R_{9},\ R_{10}\ R_{11},\\ R_{13},\ R_{14},\ R_{19},\ R_{20},\ R_{23}\\ R_{24},\ R_{28},\ R_{29},\ R_{52}\\ =250\ K\varOmega\\ R_{12}=2.5\ K\varOmega\\ R_{15}=6\ K\varOmega\\ R_{16}=600\ \varOmega\\ \end{array}$

$$\begin{split} &R_{17},\ R_{16},\ R_{25},\ R_{26},\ R_{27},\\ &R_{33},\ R_{34},\ R_{46}\ R_{51},\ R_{56},\\ &R_{57},\ R_{58}\!=\!500\ \mathrm{K}\varOmega\\ &R_{21}\!=\!2.5\ \mathrm{K}\varOmega\\ &R_{22}\!=\!20\ \mathrm{K}\varOmega\\ &R_{30}\!=\!500\ \varOmega\\ &R_{31},\ R_{32}\!=\!80\ \mathrm{k}\varOmega\\ &R_{35}\!=\!200\ \varOmega\\ &R_{36},\ R_{37}\!=\!20\ \varOmega\\ &R_{36},\ R_{37}\!=\!20\ \varOmega\\ &R_{36},\ R_{39}\!=\!1\ \mathrm{K}\varOmega\\ &R_{40},\ R_{41}\!=\!30\ \mathrm{K}\varOmega\\ &R_{42}\!=\!70\ \mathrm{K}\varOmega\\ &R_{43},\ R_{48},\ R_{54}\!=\!750\ \varOmega\\ &R_{44}\!=\!10\ \mathrm{K}\varOmega\\ \end{split}$$

$$\begin{split} R_{45} &= 1 \, \text{M} \, \Omega \\ R_{49} &= 5 \, \text{K} \, \Omega \\ R_{50} &= 750 \, \text{K} \, \Omega \\ R_{55} &= 3 \, \text{K} \, \Omega \\ C_1, \ C_2, \ C_5, \ C_6, \ C_6, \ C_9, \\ C_{15}, \ C_{16} &= 1 \, \mu \text{F} \\ C_3, \ C_4, \ C_7, \ C_{10} &= 0.01 \, \mu \text{F} \\ C_{11}, \ C_{12} &= 0.025 \, \mu \text{F} \\ C_{13}, \ C_{14} &= 0.071 \, \mu \text{F} \\ C_{17}, &= 30 \, \mu \text{F} \\ C_{18} &= 60 \, \mu \text{F} \\ C_{19}, \ C_{20}, \ C_{22}, \ C_{23} &= 2 \, \mu \text{F} \\ C_{21} &= 100 \, \mu \text{F} \\ L_1, \ L_2 &= 220 \, \text{H} \end{split}$$

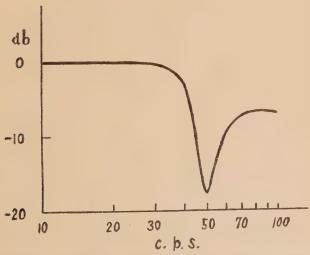


Fig. 5 Frequency characteristics of the low-pass X-filter.

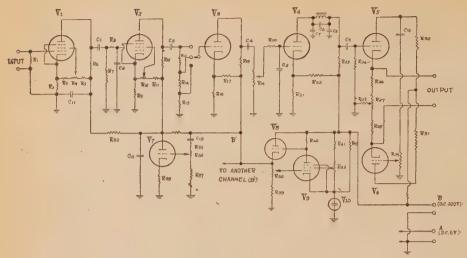


Fig. 6 MG-VIII Type Amplifier.

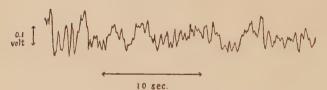


Fig. 7 A record of voltage fluctuation in source line.

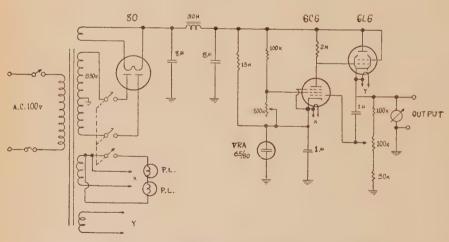


Fig. 8 Voltage Stabilized Power Supply.

器設計上の重大な問題となつている。長時間に互る変動の他に広い周波数帶域に互る電圧変動が含まれている。我々が扱つた周波数帶域に於ても Fig. 7 に見られる様な変動が常に含まれている。従つて普通の昇圧、整流、平滑の回路のみではB電源として使用出来ない。又多段増幅をする為に電源としての内部抵抗も極度に小さくしなければならない。これらの理由から所謂定電圧整流器を使用しているが、一般市販品は出力電圧に電圧変動多く又内部抵抗も大きい

ものが多く使用に堪えないので多少の研究を試みた。我々は数種類のものを設計製作しているがその基本的な回路は Fig. 8 で示されるものである。との回路で特に注意しなくてはならない点は,簡單な計算により知られることであるが,6C6 の screen grid voltage のとり方である。すなわちとの可変抵抗の調整如何で内部抵抗が正になり,或は負になり得ることであつて,その中庸点に於て A. C. 電源側から来る電圧変動も最小になることである。との調整を充分行う事により内部抵抗を約 1Ω 程度になし得る,又 A. C. 電源に起因する出力電圧変動を $10\,\mathrm{mV}$ 程度におさえることが出来る。との程度の性能の電源を前述の増幅器の B 電源として用いている。

しかしながら高い増幅度を持つ増幅器の前段の方の B 電源としてはこの電源でもまだ noise 及び motor boating の原因となるから更に安定化する必要がある。そのために我々は二種類の方法を採用している。その一つは MG-II Type Amplifier に見られるようなもので,6J5-6SJ7-VRA 65/80 による定電圧整流器と同型式の小型の電圧安定装置を使用する方法である。この方法は channel 数を多くする時共用出来る利点がある。他の方法は Fig. 9 に示される回

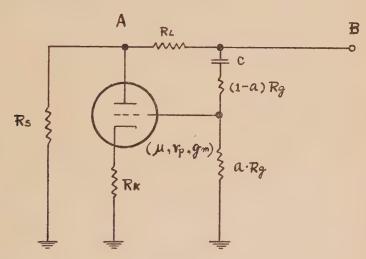


Fig. 9 Voltage Stablizer.

路で MG-IV, MG-VI Type Amplifier 等に使用されている。との回路は C 及び R_o により決まる或周波数以上の交流分を安定化するのに役立つ。図中A点における電圧変数を $V_o e^{J\omega t}$ とすれば、B点における変動 $V_o e^{J\omega t}$ は、

$$V_0 = rac{r_p'/R_L - \mu lpha}{1 + r_p'/R_L + r_p'/R_+} V_{\ell}$$
但し, $\alpha = rac{a}{1 + 1/j\omega CR_g}$
 $r_p' = r_p + (1 + \mu)R_K$

により与えられるから、 $\alpha=1/\mu\cdot r_{p'}/R_{L}$ に調整すれば、 $\omega CR_{o}\gg 1$ なる周波数で V_{o} は極めて小さくなる。との回路はB電圧を餘り落さずに電圧を安定化出来る点で有利である。

§ 4 Conclusion 以上が筆者の過去三年間の地震計用増幅器研究の大要である。地震計用増幅器に関して特に注意すべきととは、その観測目的に応じて地震計、増幅器及び電流計の特性をそれに適したものとしなければならぬことである。特に自然地震の観測に於ては観測器械の周波数特性は観測結果に対して重大な意義を持つことを忘れてはならない。たとへ同一の電磁式地震計を使用しても異つた特性を有する増幅器を以て観測したならばその結果を一緒にして統計にかけることは許されない。従つて器械設計に際しては充分に従来の経験を基礎としなければなければならないのである。單に広帶域に互つて平坦な特性を持つものが万能であると言うことは出来ない。

爆破地震動観測に於ては 1~30 c. p. s. 帶域が重要であるととは前に述べたが,波動傳播等までを研究するためには更に低い周波数迄扱ふ必要も認められるし各観測点に同一性能の器械を備える必要もある。又 phase の研究のためには狭い帶域のものを併用する必要が認められる。

微弱地震動観測については更に種々の問題が残されている。或帶域で平坦な周波数特性を持つとしてもその帶域の決定が重要であり、我々は現在1~30 c.p.s. 帶域を扱つているが、近距離の微小地震研究の為には数十乃至数百 c.p.s. 迄調べ、又や」遠距離の微弱地震動観測のためには数秒乃至十数秒迄研究する必要を感じている。又とのような増幅器以外に微分或は積分回路を含んだ増幅器の必要も認められ目下研究中である。

なお本研究にあたり設計,製作に指導を戴いた浅田敏氏に感謝の意を表する。良き理解と指導を戴いた松澤武雄教授及び坪井忠二教授に、又種々助言を戴いた東大工学部電気工学教室の 高木末夫氏に感謝を捧げる。

本研究の一部は文部省科学研究費により行われた

寄 書

震害さ地盤について

京都大学 防災研究所 山 口 眞 一

(昭和 28 年 6 月 15 日受理)

On the Relation between the Damage of Earthquake and the Properties of Ground.

Shinichi, YAMAGUCHI,

The Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

(Received June 15., 1953.)

§ 1 序

既に震害と地盤に関しては多くの研究がなされており、特に佐々博士りその他は細い地域の地盤の性質を人工地震法により得られた V_L , V_P/V_L , 減衰性振巾の値により表示し、実際の大地震のときの震害と比較されり不変の法則を見出されている。所が著者はそれ等の法則は決してお互いに独立でなく、共通に説明し得る基礎的な量があり、それは地盤の流動性、即ち粘性係数であることを計算により示した。

§ 2 速度,減衰係數

地盤を粘彈性体と考え、 $Frenkel^2$)のモデルにより、exp($i\omega t$)なる振動に対する P 波 S 波の速度及び減衰係数は

$$V_{P}^{2} = \frac{G\omega_{S}\tau}{2\rho} \frac{\sqrt{1 + \omega_{S}^{2}\tau^{2}} + \omega_{S}\tau}{1 + \omega_{S}^{2}\tau^{2}} \tag{1}$$

$$\beta_S^2 = \frac{\rho \omega_S}{2G} \left(\sqrt{\omega_S^2 + \frac{1}{\tau^2}} - \omega_S \right) \quad (2)$$

$$V_{P^{2}} = \frac{\sqrt{\{K + \omega_{P^{2}}\tau^{2}(K + 2G)\}^{2} + 4G^{2}\omega_{P}\tau^{2}}}{+K + \omega_{P_{2}}\tau^{2}(K + 2G)}$$

$$2\rho(1 + \omega_{P^{2}}\tau^{2})$$
(3)

$$\beta_{P}^{2} = \frac{\omega_{P}^{2} \rho \{1 + \omega_{P}^{2} \tau^{2}\}}{2\sqrt{\{K + (K + 2G)(\omega_{P}\tau)^{2}\}^{2} + (2G\omega_{P}\tau)^{2}}}$$

$$-\frac{\omega_P^2 \rho \{K + (K + 2G)(\omega_P \tau)^2\} \{1 + (\omega_P \tau)^2\}}{2[\{K + (K + 2G)(\omega_P \tau)^2\}^2 + (2G\omega_P \tau)^2]}$$
(4)

こいに K は体積彈性率, G は剛性率, ρ は密度,

 ω_P , ω_S は夫々 P波, S 波の振動数, τ は relaxation time である。

現在辷り flow のみを考え体積 flow を考えなかった。

§ 3 表面波との關係

表面波速度と震害との関係は I^* , 3 図の如く明瞭である。併し表面波速度 V_L を求めるのは仲々因難なので V_S は V_L の $(0.87 \sim 0.96)$ 倍ということを利用し 50 V_S と G. ρ . ω . τ との関係を吟味しよう。実際に V_L の地域による変動は大きく、 $(0.87 \sim 0.96)$ 掛けることにより殆んど変化を生じない。

1) を見ると ρ が大きく成る事, G が小さくなることが V_S を小さくすることが分る・

$$\mathcal{Z} \qquad \frac{\partial (V_S^2)}{\partial (\omega \tau)} = \frac{2\omega \tau + \sqrt{1 + \omega^2 \tau^2}}{(1 + \omega^2 \tau^2)^2} > 0$$

従つて ωr を小さくすることも V_S を小さくする. I. 3 図から分る様に V_S の小さい所程震害が大きいので ρ が大きいか G. ω . τ の小さい事が震害を高めているのであろう.

§ 4 V_F/V_S との關係

I. 5 図に示されてる様に V_P/V_L と震害率との間には明瞭な関係がある。即ち V_P/V_L の大きい所程震害が大きい併し此所でも計算の便宜のため V_{P}/V_S を用いると(1)(3)より

^{*} 今後 I は佐々博士その他: 震害と地盤, 防 災研報告 2 号を指すものとする。

答

$$\left(\frac{V_{P}}{V_{S}}\right)^{2} = \frac{\sqrt{\{K + \omega_{P}^{2}\tau^{2}(K + 2G)\}^{2} + 4G^{2}\omega_{P}^{2}\tau^{2} + K + \omega_{P}^{2}\tau^{2}(K + 2G)}}{G\omega_{S}\tau} \frac{\sqrt{1 + \omega_{S}^{2}\tau^{2} + \omega_{S}\tau}}{1 + \omega_{S}^{2}\tau^{2}} \tag{5}$$

人工爆波によるので V_{P} , ω_{P} は測定されるので桁が 分るが V_{S} は V_{L} よりの推定で、 ω_{S} に就ては知り 様がない。それで発震機巧から考え P 波、S 波の 波長が等しいと仮定する。

P波の周期は長くて 0.05 sec なので ωp>120 又 τ

放に

$$\frac{\omega_P}{V_P} = \frac{\omega_S}{V_S} \tag{6}$$

$$\frac{K+2G}{G} \frac{\omega_{S\tau}\sqrt{1+\omega_{S\tau}^2+\omega_{S\tau}}}{1+\omega_{S^2\tau^2}} \tag{7}$$

でこの値を大きくするには G を小さくすることを大きくすることは直ぐ分る。 又 ω_{ST} を小さくすることが $\omega_{ST} \sqrt{1+\omega_{S}^{2}r^{2}+\omega_{ST}}$ を小さくする,又はその遊数を大きくすることが \$ 8 で分つている従って前と共通に,G \$ 6 、\$ 7 を小さくするとが大きくなり震害が大きくなることが分る.

§ 5 減衰性との關係

初動振巾の距離による減衰の割合と震害との関係が I.8 図に得られ減衰係数の大きい程震害も大きい。

所で P 波の減衰係数は厄介な物であるが今体積flow を考えてないので P波の減衰性が高いならば S 波も同様な筈である。所で

$$\frac{2\beta_S^2}{\rho} = \frac{\omega_S}{G} \left(\sqrt{\omega_S^2 + \frac{1}{\tau^2}} - \omega_S \right) \quad (2)$$

より G. てが減ずると Bs が増す.

又

$$\frac{\partial \left(\frac{2\beta_S^2}{\rho}\right)}{\partial \omega} = \frac{1}{G} \left(\sqrt[4]{\omega^2 + \frac{1}{\tau}}\right) - \sqrt{\frac{\omega^2 + \frac{1}{\tau}}{\tau}} > 0$$
(8)

より ως が増すと βς も増す

 ω_S は先にも述べたが \S S と両立しない。それで今迄と共通に震害を大きくするのは G, τ の小さい事が分る。

§ 6 振幅との關係

I. のむすびに於て木造家屋の 震害率を決定するのは加速度よりも振巾 という 事 が 述べらてれいるが、確かに $Ae^{i\omega t}$, Ae^{-kt} なる stress が入つて来たときの strain の振巾及び strain は夫々

$$\frac{A}{G}\sqrt{\frac{1}{\tau^2}+\omega^2}, \quad \frac{A}{G}\left(\frac{1}{\tau k}-1\right)$$

でG、 τ が小さくなると振巾又はひずみが大きくなる。

§ 7 tists

震害に関係するのは地盤の物性のみと定説がある 訳でなく、構造に就ても色々云はれているので、その方面に就ても充分考慮に入れることが必要とは思 うが、構造を考慮に入れなければ今迄震害に関係あ りと云はれて来た地盤の性質は粘性係数のみから説 明し得ることを示した。

終始御懇切な御指導を頂いた佐々憲三博士に厚く 感謝の意を表します。

- 佐々博士,その他,地盤と震害,防災研究所報告2号(1949)。
- 2) J. Frenkel; Kinetic Theory of Liquid.
- L. Knopoff; On Rayleigh Wave Velocities., Bull. Seis. Soc. Amer. 42 (1952) 307.
- 4) 村山朔郎: 土木学会誌, 昭和 27 年 219 p.

「電壓感度」について

秋田大学鉱山学部 田 治 米 鏡 二

(昭和 28 年 6 月 19 日受理)

On Voltage-Sensitivity.

Kyozi TAZIME,

Akita University.

(Received June 19, 1953.)

日本における地震計関係者は「電圧感度」と云う 語を2通りに使つている。即ち狭い意味では電気音 響器部門で云う "force factor"を指し、又漠然と した意味では電磁地震計の出力電圧を指しているの である。

もしも、電磁地震計の coil の frame 及び電磁石の core の中に誘起される電流をも考慮する場合には、電磁地震計は 3つの電流回路を持つことになる、然 し電気音響器 の 例に倣い、 拡張された "force factor" B_{pdq} を用いるならば、 動線輸型の場合にも変磁束型 の 場合にも同一の記号を 使えるのである・電気回路 が 1つの場合は $B_{pdq} \rightarrow A$ (狭義の"force factor") となり、これは狭義の所謂「電圧感度」と一致する・

ところで動線線型では、

$$E=-A_1\dot{x},\ F=A_1I,\ A_1=NH$$
b, (1)
一方変磁束型では

 $E=-A_2x$, $F=A_2I$, $A_2=N\phi_m/\overline{x}$ (2) 然るに磁束と磁場の强さとの間には [L] を長さの dimension とすれば次の関係がある。

$$[\emptyset] = [H][L^2]$$

故に A_1 及び A_2 の dimension を比較するに $[A_1]=[A_2]=[H]$ [L]=volts/unit velocity

このように 2つの型の force factor ε dimension 的に統一することは電磁地震計の振子が回転軸を有する場合に意義のあることである。例えば回転軸を有する動線輪型の地震計では、今述べた A を使えば (1) 式は次のようになる。

$$E = -(A_1 a) \ d\theta/dt, (Fa) = (A_1 a) \ I$$

$$A_1 = NHb. \tag{3}$$

すなわち $x \to \theta$ となつた場合は $A \to (Aa)$ とすればよいのである。但し a は回転軸から coil の中心迄の距離である。今迄この (Aa) を電磁地震計の定数と稱して單なる A と混用していた書物もあるが、dimension をそろえた方が 間違が 起らないから (Aa) と記した方がよい。

以上は coil の運動に対する出力電圧を考察した のであるが、地震計の台の運動に着目すれば、振子 が直線運動を行う地震計では、

$$E = A \frac{e^{-j_8}}{\sqrt{(u^2 - 1)^2 + 4h^2u^2}} \frac{d\xi}{dt}, \tag{4}$$

一方振子が 回転軸を有する場合には,

$$E = \frac{(Aa)}{l} \frac{e^{-j\delta}}{\sqrt{(u^2 - 1)^2 + 4h^2u^2}} \frac{d\xi}{dt}$$
 (5)

但しまは台の変位、l は振子の相当長、卽ち(4) と(5) との相異は m (質量) が k (慣性能率) に 置き代つたために $A \mapsto (Aa)/l$ となつているのであ る。 $A \mathrel{\in} (Aa)/l$ の dimension とは同じであるこ とがはつきり分る。(4) 及び(5) によれば地震 計の運動の大きさに対しては、

$$A/\sqrt{(u^2-1)^2+4h^2u^2}$$

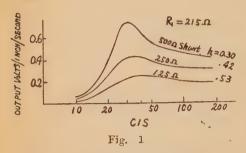
或は $(Aa)/(l\sqrt{(u^2-1)^2+4h^2u^2})$ (6) が「電圧感度」と云う意味を表現しているのである。地震計の型録の中には $E/(d\epsilon/dt)$ の絶対値を周波数 (u で日盛つても同意義)に対して図に描いている場合が多い。振動台による動的試験の結果を表現するには,この方法が一番便利であると思われる。故に「電圧感度」の定義を (6) 式で與えるのが実際上便利であろう。

但し、この表現法では「電圧感度」を唯一つの値

郜

書

で表現することが出来ない。然し (6) は $u \rightarrow 0$ に なれば (6) は A 或は (Aa)/l に近づくことが分つ ているし、前述の型線を見ても試験結果からこの値 の見当はつくのである。



故に簡略に一つの値で電圧感度を表現する場合には A 或は (Aa)/l の値を使つても大した混乱は生じぬであろう。但しその場合は負荷或は shunt を決めておかねばならない訳であるが、多くの場合その地震計に使用すべき負荷或は shunt は決つているのである。故にこれらの部分をも含めて地震計の

電圧感度を表すことにすれば略式には唯一つの値で 表現することも出来るのである.

とこに舉げた図は E. T. L. の地震計の型鉄に出ている図である。この図の意味は次式に示す通りである。

OUT PUT =
$$E \cdot \frac{Z_S}{Z_1 + Z_S}$$

$$\therefore \frac{\text{OUT PUT}}{(d\xi/dt)} = \frac{Z_S}{Z_1 + Z_S} \cdot A \cdot \frac{1}{\sqrt{(u^2 - 1)^2 + 4h^2u^2}}$$

A に関しては力或は moment の式の意味から電気音響器の例に倣い "force factor" と呼ぶことにしておけばよい。

ここに定義した電圧感度を motional impedance を使つて表現すれば次のようになる.

 $\mid E / (d\xi / dt) \mid$ = $\mid (m / A) \omega Z_m \mid$ or $\mid (m / A) \omega Z_x \mid$ 回転系では

 $|(k/(Aa^2))\omega Z_m|$ or $|(k/(Aa^2))\omega Z_x|$

地震時報

ニューブリテン諸島の地震

4月24日01時82分=エーブリテン諸島北方 に可成りの地震が起つた。本邦各地の観測によれば 震央は(3°S, 150°E)で、深さは浅いものと推定 された。

U.S.O.G.S. の資料によれ此の地震の Magnitude は 7 1/2~7 3/4 (Pasadena) で、軽微な被害があったとのことである。またハワイの津波警報機関から太平洋沿岸区域に津波警報が発令された。

チリの地震

5月7日 02 時 36 分ころから約1時間半にわたって本邦各地の地震計に遠地地震が記録された。本邦の観測だけで震央をきめることは出来なかつたが、U.S.C.G.S. の資料によると震央は中部チリ(361/2°S,73°W)で深さは約100km, Magnitudeは71/2~73/4 (Pasadena)で、Conception 市およびその附近に数名の死者を含む若干の被害があっ

たとのことである.

5 月の顯著地雲

i) 8日 05 時 33 分ころの浦河南西沖の地震 震央は浦河と八戸との中間 (41.6°N, 142.2°E) で,深さは約 40 km, 北海道地方の南部と東北地 方の北東部で有感,最大震度エ(八戸),最大有感距 離根室迄 380 km.

ii) 18日07時12分ころの大島南東沖の地震(稍深発) 震央は大島南東沖 (34.7°N、139.7°E)で,深さは約 110 km,関東地方の大部分,靜岡県,山梨県,および福島県の一部で有感,最大震度 II (大島,網代),最大有感距離福島迄 350 km.

iii)26 日 10 時 43 分ころの 襟裳岬南西沖の地震 震央は襟裳岬南西沖 (41.8°N, 143.1°E) で, 深さは約 40 km, 北海道地方南部, および東北地 方の東部で有感,最大震度™(浦河管內目黑),最大 有感距離福島迄 500 km.

ニュース

物理学研究連絡委員会へ昭和 28 年度文部省科学研究費等の配分の審査にあたる「科学研究費等分科審議会」委員(地球物理は2名)を日本学術会議から文部省に推薦するため定数の倍数の委員候補者を推薦するよう依賴があつたので地球物理学研究連絡委員会委員の互選によることとし投票を行つた結果、坪井忠二、長谷川万吉、和達清夫、畠山久倚の4氏を候補者として推薦したが坪井、長谷川両氏が上記委員に任命された。

2月科学研究費の地震関係の実際の審査に当る人を地震分科より推薦されたいとの依賴があつたので地震分科専属委員の間で選舉を行つた結果正審査員 萩原尊礼氏(4)副審査員佐々憲三氏(4)ときまつた。

2月24日 IUGG の「地震及び地球内部構造」 分科から昨年のブラツセル総会記事が、一部送られ てきた。これは萩原幹事の所に保管してある。御覧 になりたい方は幹事に御連絡願いたい。

5月9日 地震学会が金沢でひらかれた折に緊急 地震分科の会を開き地震分科主任の名に於て下記の ような要望書を地球物理学研究連絡委員長宛に提出 した。同委員長は直に別記のよな書翰をそえて日本 学術会議龜山会長にこの問題に関し善処方を要望 した。

7月1日 地球物理学研究連絡委員会の幹事をしていられた力武常衣氏が近日英国へ留学のため幹事を辞任せられることとなつたので各分科主任幹事会で宮村舞三氏が幹事に委嘱された。(表記)

Fil.

日本学術会議地球物理学研究連絡委員会 委員長 坪 井 忠 二 殿 昭和 28 年 5 月 9 日

地震分科会主任 和 造 清 夫 今般浅間山地域が米軍の演習地に指定される由で ありますが、同火山は、わが国の代表的活火山にて、 火山学、地震学に関し重要な研究が行われて来てお り、その成果は世界学界の等しく認めることころで あります。もし今回の指定が実現されますときは、 今後の研究は全く阻害されると考えられ甚だ遺憾に 存じます。

事態の緊急にかんがみ, ここに研究者一同の総意 により右指定が実現なきよう学術会議においても特 別の御処置あることを切望します.

右学術会議会長に卽刻御連絡お願い致します。

昭和 28 年 5 月 9 日

地球物理学研究連絡委員会 委員長 坪 井 忠 二

日本学術会議会長

亀山直人殿

米軍が浅間山を含む地帶をその演習地に指定する という件に関して、地球物理学研究連絡委員会火山 分科会は5月2日に又地球物理学研究連絡委員会地 震分科会は5月9日いずれも緊急会合を催して添付 別紙のような結論に到達しました。

浅間山は日本に於いて地球物理学的に最もよく研究されている活火山でありまして、東京大学地震研究所、特に同教授水上武博士の永年に亘る努力によつて、その噴火の予知さえも一応実用的になってきています。今後土地の微動、傾斜、伸縮、高低変化などの観測を更に拡張して同火山の性状を明らかにすることは、我々のみなず世界学界の均しく希望しているところであります。

もし米軍がこの地一帶を演習地に指定すれば、それはすなわち研究者の自由なる行動と有効なる観測とを制限し学問的研究の発展に対して不便な障害をもたらすものとなることを避けることができません。これは我が国のみならず、世界学界の遺憾とするところであります。

·学術会議におかれても、この点につき御考慮下さいまして、この案の実現を阻止することができるよう。適当な方策を講ぜられることを切望する次第であります。

なおこの件については矢内原東大総長から岡野文 部大臣に対しても申入れてあることを申添えます.

ヨーロパ地震學委員會 (C.S.E.)

1950 年9月 Verona に Instituto Nacionale di geofsica (Rom) の提唱にしたがつて集つたヨーロッパの地震学者によりヨーロッパ地震学連合 Federation Séismologique Européenne (F.S.E.) ができたが、これが 1952 年9月 Bruxelles の U.G.G.I 会議のときに、U.G.G.I に属するものとしてのヨーロッパ 地震学委員会 Commission Séismologique Européenne (C.S.E.) となつた。1952年9月 Stutgart でひらかれた C.S.E. の第1回

大会では、テーマとして"Die seismische Struktur des europäischen Kontinents"がえらばれ、次の6項目を中心として講演および討議が行われ、別掲の決議がなされた。

中心項目:

- 1) ヨーロッパにおける震央決定,その分布・
- 2) 震源の深さ。
- 3) 震源での機巧
- 4) ヨーロッパにおける地震と地質構造との関係
- 5) ヨーロッパ大陸の地殻成層と地震波速度
- 6) 研究方法

1952 年 C.S.E Stuttgart 大会決議

1° 震源 の深さを精密にきめる唯一の確実な方法 はごく震央に近い点でえられた記象をつかうことに あるから、C.S.E はすくなくとも 1/10 秒の精度 で受震時をきめうる新式の器械をそなえた観測所を 活動的な地震地帶のすぐ近辺に新設することをすよ める。

2° C.S.E は各地震について次の事項をふくむ各国の地震カタログをつくることをすゝめる。

- 1) 震央の地理的経緯度とその決定された精度。
- 2) 観測された最大震度
- 3) 有感面積 (km²)
- 4) 20 世紀の地震については、地震の大きさ、 あるいはGutenbergの定義による階級(階級 d, e) 階級 f は近い点一点だけで記錄された地震を示すに 用いる。

各国において Gutenberg-Richter の大きさと計 測的及び野外調査的資料との関係をつくることにつ とめる必要がある。

8° ョーロッパ大陸の構造は地殻の深層からの反射 被の記錄によつてよりよく知ることができるからC. S.E.は大爆破による実験が組織され、特にles Alpes, Hohe Tauern、など負の重力異常のあるところや、 Paris 盆地のような地磁気異常のあるところで、これが実施されることがのぞましい。300,000 ドル程 度の総経費で 12 回位の爆破ができる。C. S. E は 各国政府に対しこの研究に寄與するよう要請する。

4° C.S.Eは、ヨーロッパおよびその周辺におこつ た地震の震央をすみやかに決定する機関の設立を勧 告する。おもな近地地震が震央距離 5000 km 以内 で記録された場合はつねに、ヨーロッパおよび周辺 の観測所はもつともはやい方法(電報、航空便 で)

Strasbourg の国際地震中央局 (Bureau Central international de Seismologie) に記象のよみとり、すくなくとも初動の時刻をできれば 1/10 秒の精度で知らせる。中央局はできるだけはやく決定した震央を通知する。

5° C.S.E. は各観測所がその古い記象を,たとえ 現在何も役に立たぬようにみえても,廃棄しないよ うに忠告する。各観測所は記象をすべて完全に注意 して保存せられたい。

[決議 の 正文は 仏文・英文・独文三者で多少のニニアンスのちがいがあるが, 一応仏文により, 英・独文を参照してわかりやすく訳出した]。

C.S.E. Stuttgart 大会講演題目

- 1. M. Bath: Seismicity of Fennoscandia and related Problems.
- 2. E. TILLOTSON: On British Earthquakes and the Structure of the British Isles.
- 3. Ch. Charlier: Les secousses séismiques en 1951 et la structure de l'écorce terrestre en Belgique.
- 4. E. Peterschmitt: La séismicité de la France.
- E. Wanner: Die Erdbebenkarte der Schweiz und Seismogrammphasen im Alpengebiet.
- 6. A. REY PASTOR: La Sismicidad de la Peninsula de Iberica.
- A. Due Rojo: La Sismicidad del Sudeste de España.
- 8. P. Calor: Struttura Geologico-Sismica dell'Europa Centro-Meridionale, dell'Italia e del Mediterraneo Centro-Occidentale, quale Risulta da Recent Studi di Ricercatori Italiani.
- 9. L. MINTROP: Die Hypothese von Airy verträgt sich nicht mit seismischen Beobachtungsergebnissen.
- H. Reich: Über reflexionsseismische Beobachtungen der Prakla aus grossen Tiefen bei den grossen Steinbruchsprengungen in Blaubeuren am 4. März und am 10. Mai 1952.
- 11. W. HILLER: Erdbebenherde, Tektonik,

- Herdmechanismus und Schichtung der Erdkruste in Südwestdeutschland.
- 12. H. JEFFREYS: The Times of P up to 30°.
- 13. N. Pinar: Catalogue explicatif des tremblements de terre de Turquie.
- 14. H. DILIGAN, G. GRENET et F. ROESLI: L'Institut séismologique de l'I. T. U. et le développment des recherches séismologiques en Turquie.
- 15. R. E. Ingram: Motion at the Focus and the S-wave.
- G. KRUMBACH: Charakterische Seismogrammformen bei Aufzeichungen in Herdgebieten.
- 17. J. MIHAILOVIC: Die Seismische Dynamik der Balkan Halbinsel.
- R. STONELEY: On the Thickness of the Continental Layers of Eurasia.
- 19. I. Lehmann: On the Short Period Surface Wave "Lg" and Crustal Structure.
- 20. F. Robel: Über die Dispersion von Oberflächenwellen in Eurasien.
- 21. D. J. BONELLI RUBIO: Sobre unu Estudio de Caracter Sismico de la Falla del Quadalquivir.
- 22. E. Peterschmitt: Sur les méthodes d'analyse des séismes rapprochés.
- 23. N. Pinar (Mlle): Relation entre la tectonique et la séismologie de la Turquie.
- 24. N. PINAR (Mlle): Le Tremblement de Kursunlu (Anatolie Nord) du 13 août 1951 en Turquie. A) Étude géologique et macroséismique.
- 25. H. Labrouste (Mme): Le Tremblement de Terre de Kursunlu (Anatolie Nord) du 13. août 1951. B) Étude microséismique des tremblements de terre du 23 juillet 1949 et du 13 août 1951 en Turquie.
- 26. L. P. G. Koning: Earthquakes in Relation to their Geographical Distribution, Depth

- and Magnitude.
- 27. H. LABROUSTE (Mme): Graphiques de durées de propagation destinés à faciliter le dépouillement des séismogrammes.
- 28. E. Trapp: Der zeitliche Verlauf und die räumliche Verteilung der Erdbeben in Oesterreich.
- 29. W. Sponheuer: Die Erdbebenherde Deutschlands und ihre Beziehung zur Tektonik.
- 30. N. Oulianoff: Influence de la tectonique profonde sur la marche des ondes séismiques.
- 31. E. Tams: Zur Frage der Regionalen Verkoppelung der Erdbeben.
- 32. D. DI FILIPPO et L. MARCELLI: Struttera della Crosta Terrestre in Corispondenza dell'Italia Centrale (Gran Sasso).

C. S. E. 役員および委員

- 委員長 Prof. Dr. W. HILLER, Württebergischer Erdbebendienst, Richard Wagner-Strasse 15, Stuttgart, Deutschland (Allemagne).
- 幹事 Prof. Pietro Caloi, Istituto Nazionale di Geofisica, Citta Universitaria, Roma, Italia (Italie).
- Mlles I. Lehmann (Danemark), Nuriye Pinar (Turquie) MM. M. Bath (Suède), Juan Bonelli Rubio (Espagne), Ch. Charller (Belgigue), G. Grenet (Algérie), R. Ingram (Irlande), E. Peterschmitt (France), J. C. Scholte (Pays-Bas), E. Wanner (Suisse), P. L. Willmore (Grande-Bretagne).

[本項は Bulletin d'Information de l'U. G. G. I. (I. U. G. G. News-Letter) 2e Année No. 2 (Avril 1953) pp 184-294 によった。各講演のかなりくはしい Resumo が集録されている。この出版物は U. G. G. I. 本部より地球物理研究連絡委員会委員長,各分科主任,幹事および主要研究機関に送付されているので,いづれ関係委員より連絡があると思います。] (宮村 記)

地震学会賛助会員 (順序不同) 昭和 28 年 8 月 1 日現在

東京都中央区日本橋室町2の1の1 東京都中央区横町2の3 東京都中央区銀座3の4 東京都中央区室町2の1 (東京支店) 千代田区大手町1の6 (東京支店) 千代田区大手町1の6 (東京支店) 千代田区丸ノ内1の2 東京都中央区日本橋蛎殻町3の2 東京都文京区大塚町33 東京都千代田区丸ノ内2丁目2の211 東京都文京区小石川柳町22 東京都北多摩郡狛江町岩戸1229 東京都品川区東品川5の1

「地震」投稿規定

1. 原稿は 400 字詰原稿用紙に横書に認め,仮名は平仮名,外国語は片仮名又は原語を用いること。 2. 句読点,. 等を明瞭に記入すること。 3. 地名,人名の読みにくいものには振仮名を付けること。 4. 数字は漢字を用いず,アラビヤ数字を用いること。 5. 引用文献等は最後に本文中の引用箇所の番号を附して記載のこと。 6. 挿図は墨で明瞭に書き,刷上り寸法又は縮率を必ず記入すること。図の中の文字は刷上り 1mm以下にならぬこと。原稿に赤字で図の挿入場所を指定すること。 7. 原稿には必ず欧文題目と欧文要約(大体 300 語以內)を付けること。 8. 論文の長さは当分の間,なるべく刷上り6頁(400 字詰原稿用紙約 10 枚)以內のこと。 9. 別刷は 100 部を贈呈し,それ以上は著者の頁担(用紙を含む)とする。 10. 校正は初校以後は編輯係に一任のこと。 11. 特殊な図版(折込,色刷等)は当分の間著者が費用を頁担すること。 12. 挿図,表等の説明には欧文を用いること, 13. 数式,特に本文中の式はなるべく一行以上を占領せざる形(たとえば k/μ, sin {(sπx/l)ー(sπct/l)} のごとく)にかくこと。 14. 寄書はなるべく刷上り1頁未満(400 字詰原稿用紙約2 枚迄)とし,欧文題目をつけること。 寄書の図面は刷上り横6 cm 又は 12 cm にするようにかくこと。

昭和28年10月20日 印刷 昭和28年10月25日發行 第2輯 第6卷 第2號

東京大學理學部地球物理学教室內

編輯發行 **爺印刷者**

震 学 地 会

代表者 和 達 清 夫

印刷所 株式会社 双 文 社

発行所

東京大學 理 學 部 地球物理學教室內 地 震 学 숲

(振替東京11918番)

ZISIN

JOURNAL OF THE SEISMOLOGICAL SOCIETY OF JAPAN

Vol. 6, No. 2

SECOND SERIES

October 1953

CONTENTS '

ARTICLES

On the Relation between the Predominant Period and the Maximum Amplitude of Earthquake-MotionsToshi Asada	1
Generalization of the Stress-Strain Relations in the	
Theory of Finite Elastic Strain	. 6
The Third Explosion-Seismic Observations in North-Eastern Japan The Research Group for Explosion Seismology	.16
An Experiment on Seismographic Recording by Multiplier Phototube	.23
On Very Low Frequency Amplifiers to Observe the Explosion Seismic Waves and the Weak Seismic Waves Nozomu Den	. 33
CORRESPONDENCE	
On the Relation between the Damage of Earthquake and the Properties of Ground	.41
On Voltage-Sensitivity	43
SEISMOLOGICAL NOTES	44
NEWS	44

Published

by

the Seismological Society of Japan, c/o Geophysical Institute, Faculty of Science, Tokyo University, Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo, Japan.